



# FACULTAD DE INGENIERIA

---

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

INFLUENCIA DEL CUARZO REEMPLAZANTE DEL  
AGREGADO GRUESO EN LAS PROPIEDADES  
MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO 2018

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Bardales Zegarra Frank Louis  
Bagner Anderson Neyra Aguilar

**Asesor:**

Ing. Alberto Vásquez Díaz  
Trujillo – Perú  
2018

## APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **Frank Louis Bardales Zegarra** y **Bagner Anderson Neyra Aguilar**, denominada:

### INFLUENCIA DEL CUARZO REEMPLAZANTE DEL AGREGADO GRUESO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO 2018

---

Ing. Alberto Vásquez Díaz  
**ASESOR**

---

Ing. Melving Rivera Muñoz  
**JURADO**  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Carlos Fernández Fernández  
**JURADO**

---

Ing. Wiston Azañedo Medina  
**JURADO**

## DEDICATORIA

La presente Tesis está dedicada a mi familia, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para ser de mi una mejor persona, la cual siga superandose día a día y prometerles que nuestros días mas oscuros ya pasaron y que todo será mejor de ahora en adelante.

A mis tíos porque cada vez que necesitaba donde quedarme ellos me acogieron innumerables ocasiones brindandome un plato de comida cuando mas lo necesitaban, cada uno de esos gestos jamás los olvidaré y tendre una deuda con ellos de por vida.

Por último a mi abuelo Segundo Aguilar en el cielo, el cual me crió en gran parte de mi niñez llevandome al jardín en bicicleta y brindándome consejos de vida, sobre todo porque me inculcó la pasión por la carrera de Ingeniería Civil por el cual estaré eternamente agradecido.

Bagner Anderson Neyra Aguilar

## DEDICATORIA

A mis padres, quienes son el mejor regalo que Dios me dio, gracias a la vida por dejarme disfrutar de ellos y compartir este logro. Asimismo, gracias por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. Por ustedes sé que crecí con amor y sé que todo sacrificio tiene su recompensa.

A mis hermanas quienes son un gran ejemplo y motivación para mí, por el apoyo que me brindaron en cada momento y lo mucho que representan en mi vida.

Frank Louis Bardales Zegarra



## AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradecemos a Dios, ya que iluminó nuestro camino durante nuestra vida universitaria y lo seguirá haciendo, en todas las cosas que nos propongamos proporcionándonos la fe necesaria para seguir adelante

A nuestros padres, gracias por el apoyo incondicional y por todos los sacrificios que han hecho para poder darnos lo mejor de ustedes sin buscar ningún beneficio propio.

A nuestro asesor el Ingeniero Alberto Rubén Vásquez Díaz, por ser un gran ejemplo de profesional y amigo; quien ha sido pieza fundamental para la realización de esta tesis. Gracias ingeniero por todo su apoyo y confianza en nuestro trabajo; este logro también es suyo.

A nuestros familiares y amigos, por todos los momentos buenos y malos que supimos llevar adelante y seguiremos haciéndolo. Por todos sus consejos, críticas constructivas y mensajes de aliento en los momentos difíciles.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### Contenido

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
 CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	 14
1.1. Realidad problemática.....	14
1.1.1. Global.....	14
1.1.2. Macro .....	15
1.1.3. Micro .....	16
1.1.4. Nano.....	17
1.2. Formulación del problema .....	18
1.3. Justificación .....	18
1.3.1. Justificación General .....	18
1.3.2. Justificación Teórica .....	18
1.3.3. Justificación Aplicativa.....	18
1.3.4. Justificación Valorativa .....	18
1.3.5. Justificación Académica.....	19
1.4. Limitaciones .....	19
1.5. Objetivos .....	19
1.5.1. Objetivo general.....	19
1.5.2. Objetivos específicos.....	19
 CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	 20
2.1. Antecedentes .....	20
2.2. Bases Teóricas.....	23
2.3. Hipótesis .....	42
 CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	 43
3.1 Operacionalización de variables .....	43
3.2 Diseño de investigación .....	43
3.3 Unidad de estudio .....	44
3.4 Población .....	44
3.5 Muestra (muestreo o selección).....	44
3.6 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	45
3.6.1 Técnica: .....	45
3.6.2 Instrumento:.....	45
3.7 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos. ....	45
3.7.1 Métodos .....	45
3.7.2 Instrumentos .....	45

3.7.3.	<i>Procedimiento</i> .....	46
3.7.4	<i>Análisis de datos</i> .....	50
CAPÍTULO 4.	DESARROLLO DE TESIS .....	58
CAPÍTULO 5.	RESULTADOS .....	76
CAPÍTULO 6.	DISCUSIÓN .....	84
CAPÍTULO 7.	CONCLUSIONES .....	90
CAPÍTULO 8.	RECOMENDACIONES .....	92
CAPÍTULO 9.	REFERENCIAS .....	93
ANEXOS	.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Dureza de los minerales .....	40
<b>Tabla 2:</b> Hipótesis General .....	42
<b>Tabla 3:</b> Hipótesis específica 1 .....	42
<b>Tabla 4:</b> Hipótesis específica 2 .....	42
<b>Tabla 5:</b> Hipótesis específica 3 .....	43
<b>Tabla 6:</b> Operacionalización de variables .....	43
<b>Tabla 7:</b> Número de probetas por ensayo .....	44
<b>Tabla 8:</b> Resistencia a la compresión del concreto patrón .....	51
<b>Tabla 9:</b> Resistencia a la compresión del concreto con 25% de cuarzo .....	51
<b>Tabla 10:</b> Resistencia a la compresión del concreto con 50% de cuarzo .....	51
<b>Tabla 11:</b> Resistencia a la compresión del concreto con 100% de cuarzo .....	51
<b>Tabla 12:</b> Resistencia a la compresión promedio a los 7 días .....	52
<b>Tabla 13:</b> Análisis estadístico de resistencia a la compresión .....	52
<b>Tabla 14:</b> ANOVA de resistencia a la compresión .....	52
<b>Tabla 15:</b> ANOVA de resistencia a la compresión .....	52
<b>Tabla 16:</b> Resistencia a la compresión promedio a los 28 días .....	52
<b>Tabla 17:</b> Análisis estadístico de resistencia a la compresión .....	53
<b>Tabla 18:</b> ANOVA de resistencia a la compresión .....	53
<b>Tabla 19:</b> ANOVA de resistencia a la compresión .....	53
<b>Tabla 20:</b> Resistencia a la compresión promedio a los 56 días .....	53
<b>Tabla 21:</b> Análisis estadístico de resistencia a la compresión .....	53
<b>Tabla 22:</b> ANOVA de resistencia a la compresión .....	54
<b>Tabla 23:</b> ANOVA de resistencia a la compresión .....	54
<b>Tabla 24</b> Translucidez del concreto patrón .....	54
<b>Tabla 25</b> Translucidez del concreto con 25% de cuarzo .....	54
<b>Tabla 26</b> Translucidez del concreto con 50% de cuarzo .....	55
<b>Tabla 27</b> Translucidez del concreto con 100% de cuarzo .....	55
<b>Tabla 28</b> Translucidez del concreto a las 9:00 am .....	55
<b>Tabla 29:</b> Análisis estadístico de translucidez a las 9:00 am .....	55
<b>Tabla 30:</b> ANOVA de translucidez a las 9:00 am .....	56
<b>Tabla 31:</b> ANOVA translucidez a las 9:00 am .....	56
<b>Tabla 32</b> Translucidez del concreto a la 1:00 pm .....	56
<b>Tabla 33:</b> Análisis estadístico de translucidez a la 1:00 pm .....	56
<b>Tabla 34:</b> ANOVA de translucidez a la 1:00 pm .....	56
<b>Tabla 35:</b> ANOVA translucidez a la 1:00 pm .....	57
<b>Tabla 36</b> Translucidez del concreto a las 5:00 pm .....	57
<b>Tabla 37:</b> Análisis estadístico de translucidez a las 5:00 pm .....	57
<b>Tabla 38:</b> ANOVA de translucidez a las 5:00 pm .....	57
<b>Tabla 39:</b> ANOVA translucidez a las 5:00 pm .....	57
<b>Tabla 40:</b> Análisis Granulométrico del Agregado Fino .....	58
<b>Tabla 41:</b> Análisis Granulométrico del Agregado Grueso .....	60
<b>Tabla 42:</b> Análisis Granulométrico del Cuarzo .....	62
<b>Tabla 43:</b> Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso .....	63
<b>Tabla 44:</b> Peso Específico y Absorción del Cuarzo .....	63
<b>Tabla 45:</b> Peso Específico y Absorción del Agregado Fino .....	64
<b>Tabla 46:</b> Contenido de Humedad del Agregado Grueso .....	65
<b>Tabla 47:</b> Contenido de Humedad del Cuarzo .....	65
<b>Tabla 48:</b> Contenido de Humedad del Agregado Fino .....	66
<b>Tabla 49:</b> Peso Unitario Seco Suelto del Agregado Grueso .....	66
<b>Tabla 50:</b> Peso Unitario Seco suelto del Cuarzo .....	66
<b>Tabla 51:</b> Peso Unitario Seco suelto del Agregado Fino .....	67
<b>Tabla 52:</b> Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Grueso .....	67
<b>Tabla 53:</b> Peso Unitario Seco compactado del Cuarzo .....	67
<b>Tabla 54:</b> Peso Unitario Seco compactado del Agregado Fino .....	68
<b>Tabla 55:</b> Determinación de la suma de los volúmenes absolutos .....	71

<b>Tabla 56:</b> Corrección por absorción de los agregados.....	73
<b>Tabla 57:</b> Corrección por humedad de los agregados. ....	73
<b>Tabla 58:</b> Corrección por absorción de los agregados.....	73
<b>Tabla 59:</b> Corrección por humedad de los agregados. ....	73
<b>Tabla 60:</b> Peso Seco, Peso Saturado Superficialmente Seco y Peso Húmedo. ....	74
<b>Tabla 61:</b> Peso Seco, Peso Saturado Superficialmente Seco y Peso Húmedo. ....	74
<b>Tabla 62:</b> Análisis Granulométrico del Agregado Fino .....	76
<b>Tabla 63:</b> Análisis Granulométrico del Agregado Grueso .....	77
<b>Tabla 64:</b> Análisis Granulométrico del Cuarzo .....	77
<b>Tabla 65:</b> Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.....	78
<b>Tabla 66:</b> Peso Específico y Absorción del Cuarzo.....	78
<b>Tabla 67:</b> Peso Específico y Absorción del Agregado Fino .....	78
<b>Tabla 68:</b> Contenido de Humedad del Agregado Grueso .....	79
<b>Tabla 69:</b> Contenido de Humedad del Cuarzo .....	79
<b>Tabla 70:</b> Contenido de Humedad del Agregado Fino .....	79
<b>Tabla 71:</b> Peso Seco, Peso Saturado Superficialmente Seco y Peso Húmedo. ....	80
<b>Tabla 72:</b> Peso Seco, Peso Saturado Superficialmente Seco y Peso Húmedo. ....	80
<b>Tabla 73:</b> <i>Diseño de mezcla patrón</i> .....	81
<b>Tabla 74:</b> <i>Diseño de mezcla patrón</i> .....	81
<b>Tabla 75:</b> <i>Diseño de mezcla patrón</i> .....	81
<b>Tabla 76:</b> <i>Diseño de mezcla patrón</i> .....	82
<b>Tabla 77:</b> <i>Asentamiento</i> .....	82
<b>Tabla 78:</b> <i>Resistencia a la compresión</i> .....	82
<b>Tabla 79:</b> <i>Translucidez</i> .....	83
<b>Tabla 80:</b> <i>Diseño de mezcla patrón</i> .....	85
<b>Tabla 81:</b> <i>Diseño de mezcla patrón</i> .....	86
<b>Tabla 82:</b> <i>Diseño de mezcla patrón</i> .....	86
<b>Tabla 83:</b> <i>Diseño de mezcla patrón</i> .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Ilustración 1:</b> Curva Granulométrica del Agregado Fino .....	59
<b>Ilustración 2:</b> Curva Granulométrica del Agregado Fino y Husos .....	59
<b>Ilustración 3:</b> Curva Granulométrica del Agregado Grueso .....	61
<b>Ilustración 4:</b> Curva Granulométrica del Agregado Grueso y Husos .....	61
<b>Ilustración 5:</b> Curva Granulométrica del Cuarzo .....	62
<b>Ilustración 6:</b> Curva Granulométrica del Cuarzo y Husos .....	62
<b>Ilustración 7:</b> Selección de la Resistencia a la Compresión .....	68
<b>Ilustración 8:</b> Selección de la relación a/c o a/mc. ....	69
<b>Ilustración 9:</b> Selección de la relación a/c o a/mc. ....	70
<b>Ilustración 10:</b> Cálculo del Contenido de Agregado Grueso .....	71
<b>Ilustración 11:</b> Curva Granulométrica del Agregado Fino y Husos .....	76
<b>Ilustración 12:</b> Curva Granulométrica del Agregado Grueso y Husos .....	77
<b>Ilustración 13:</b> Curva Granulométrica del Cuarzo y Husos .....	78
<b>Ilustración 14:</b> Cuarzo sin triturar .....	111
<b>Ilustración 15:</b> Proceso de trituración del cuarzo .....	111
<b>Ilustración 16:</b> Cuarzo triturado .....	112
<b>Ilustración 17:</b> Instalaciones del laboratorio de la Universidad Privada del Norte .....	112
<b>Ilustración 18:</b> Cuarteo del agregado grueso .....	113
<b>Ilustración 19:</b> Cuarteo del agregado fino .....	113
<b>Ilustración 20:</b> Agregado grueso para contenido de humedad .....	114
<b>Ilustración 21:</b> Muestra en el horno del agregado grueso para contenido de humedad.....	114
<b>Ilustración 22:</b> Agregado fino para contenido de humedad .....	115
<b>Ilustración 23:</b> Muestra en el horno del agregado fino para contenido de humedad.....	115
<b>Ilustración 24:</b> Peso sumergido del agregado grueso.....	116
<b>Ilustración 25:</b> Secado superficial del agregado grueso .....	116
<b>Ilustración 26:</b> Peso saturado en superficie seca del agregado grueso .....	117
<b>Ilustración 27:</b> Muestra para granulometría del agregado grueso .....	117
<b>Ilustración 28:</b> Tamizado del agregado grueso .....	118
<b>Ilustración 29:</b> Muestra para granulometría del agregado fino .....	118
<b>Ilustración 30:</b> Tamizado del agregado fino .....	119
<b>Ilustración 31:</b> Peso suelto del agregado grueso .....	119
<b>Ilustración 32:</b> Peso compactado del agregado grueso .....	120
<b>Ilustración 33:</b> Peso suelto del agregado fino .....	120
<b>Ilustración 34:</b> Peso compactado del agregado fino .....	121
<b>Ilustración 35:</b> Secado superficial del agregado fino.....	121
<b>Ilustración 36:</b> Pisonado del agregado fino .....	122
<b>Ilustración 37:</b> Peso del picnómetro con agregado fino y agua .....	122
<b>Ilustración 38:</b> Peso cuarzo para contenido de humedad.....	123
<b>Ilustración 39:</b> Muestra de cuarzo para granulometría .....	123
<b>Ilustración 40:</b> Tamizado del cuarzo .....	124
<b>Ilustración 41:</b> Peso suelto del cuarzo .....	124
<b>Ilustración 42:</b> Peso compactado del cuarzo .....	125
<b>Ilustración 43:</b> Secado superficial del cuarzo .....	125
<b>Ilustración 44:</b> Peso saturado en superficie seca del cuarzo.....	126
<b>Ilustración 45:</b> Mezclado del concreto patrón.....	126
<b>Ilustración 46:</b> Ensayo de cono de Abrams.....	127
<b>Ilustración 47:</b> Ensayo de asentamiento del concreto patrón .....	127
<b>Ilustración 48:</b> Mezclado del concreto con 100% de cuarzo .....	128
<b>Ilustración 49:</b> Ensayo del cono de Abrams.....	128
<b>Ilustración 50:</b> Ensayo de asentamiento del concreto con 100% de cuarzo .....	129
<b>Ilustración 51:</b> Probetas de concreto.....	129
<b>Ilustración 52:</b> Probetas de concreto.....	130
<b>Ilustración 53:</b> Probetas cilíndricas de concreto.....	130
<b>Ilustración 54:</b> Curado de probetas cilíndricas de concreto .....	131

<b>Ilustración 55:</b> Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón .....	131
<b>Ilustración 56:</b> Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con 25% de cuarzo .....	132
<b>Ilustración 57:</b> Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con 50% de cuarzo .....	132
<b>Ilustración 58:</b> Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con 100% de cuarzo .....	133
<b>Ilustración 59:</b> Probetas de concreto ensayadas a compresión .....	133
<b>Ilustración 60:</b> Molde de probetas cúbicas.....	134
<b>Ilustración 61:</b> Elaboración de probetas cúbicas.....	134
<b>Ilustración 62:</b> Elaboración de caja para ensayo de traslucidez .....	135
<b>Ilustración 63:</b> Ensayo de traslucidez de probetas cúbicas de concreto .....	135
<b>Ilustración 64:</b> Ensayo de traslucidez de probetas cúbicas de concreto .....	136
<b>Ilustración 65:</b> Ensayo de traslucidez de probetas cúbicas de concreto .....	136

## RESUMEN

El presente Proyecto de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo, región La Libertad en el año 2018. El propósito de esta investigación fue determinar la influencia del cuarzo como reemplazante del agregado grueso en las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y traslucidez de un concreto de  $210 \text{ kg/cm}^2$  empleando el método ACI 211 para el diseño de mezcla, la manera de lograrlo es caracterizando el agregado grueso, agregado fino y el cuarzo, previamente triturado manualmente, de acuerdo con las normas técnicas peruanas. En cuanto el diseño de mezclas, se calcularon dos diseños uno considerando las características de la piedra y el otro las del cuarzo ambas con cemento blanco. Por último, se elaboraron dos tipos de probetas; cilíndricas(4"x8") y cúbicas de 10x10x10 cm, las cuales fueron evaluadas en los ensayos de resistencia a la compresión y traslucidez respectivamente basándonos en las normas técnicas peruana y distintas tesis internacionales en el caso de la traslucidez.

Este estudio se justifica ya que en nuestro país no hay investigaciones enfocadas a las propiedades mecánicas del concreto traslúcido, esto permite conocer si resulta factible o no el uso del cuarzo como reemplazante del agregado grueso en el concreto teniendo en cuenta los conceptos tales como tecnología de concreto y caracterización de materiales en el concreto.

El remplazo del agregado grueso con el cuarzo se realizó tomando en consideración las fichas técnicas y estudios previos realizados. El remplazo del agregado grueso se aplicó en un 25%, 50% y 100%

La presente investigación es de tipo experimental debido a que la variable dependiente (resistencia a compresión y traslucidez) será influenciada por la variable independiente (el cuarzo). El diseño de investigación es experimental puro debido a que se manipula el cuarzo en distintos porcentajes para analizar la influencia que este tiene en el concreto.

Entre las principales conclusiones se tiene que el uso el cuarzo aumenta la traslucidez del concreto hasta un 8.43 % cuando el agregado grueso es reemplazado en su totalidad, sin embargo, la traslucidez es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión, es decir que mientras más agregado grueso sea reemplazado su resistencia a la compresión se verá reducida.



## ABSTRACT

This research project was carried out in the Civil Engineering laboratory of the Universidad Privada del Norte in the city of Trujillo, La Libertad region in 2018. The purpose of this research was to determine the influence of quartz as a replacement for the aggregate thickness in the mechanical properties of compressive strength and translucency of a concrete of 210 kg/cm<sup>2</sup> using the method ACI 211 for the design of mixture, the way to achieve it is by characterizing the coarse aggregate, fine aggregate and quartz, previously crushed manually, in accordance with Peruvian technical standards. As for the design of mixtures, two designs were calculated, one considering the characteristics of the stone and the other those of the quartz both with white cement. Finally, two types of specimens were prepared; cylindrical (4" x 8") and cubic (10 x 10 x 10 cm), which were evaluated in the tests of resistance to compression and translucency respectively based on Peruvian technical standards and different international theses in the case of translucency.

This study is justified because in our country there is no research focused on the mechanical properties of translucent concrete, this allows us to know if it is feasible or not to use quartz as a replacement for the coarse aggregate in the concrete, taking into account concepts such as concrete and characterization of materials in concrete.

The replacement of the coarse aggregate with the quartz was made taking into consideration the technical data sheets and previous studies carried out. The replacement of the coarse aggregate was applied in 25%, 50% and 100%

The present investigation is of experimental type because the dependent variable (resistance to compression and translucency) will be influenced by the independent variable (quartz). The research design is pure experimental because quartz is manipulated in different percentages to analyze the influence it has on concrete.

Among the main conclusions is that the use of quartz increases the translucency of the concrete up to 8.43% when the coarse aggregate is replaced in its entirety, however, the translucency is inversely proportional to the compressive strength, that is, the more thick aggregate is replaced its compressive strength will be reduced.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

#### 1.1.1. Global

Actualmente, la tasa de crecimiento de la población mundial ha aumentado considerablemente generando una gran demanda en el campo de la tecnología del concreto, esto se debe a que la población genera mayor necesidad de vivienda, saneamiento y transporte. Es por ello que la construcción de edificaciones multifamiliares son un factor muy importante puesto que mientras más de estos sean construidos ayudará al crecimiento urbanístico sin la necesidad de emplear una gran área. Sin embargo debido en su mayoría los edificios multifamiliares están limitados por los lotes aledaños, no se puede brindar la iluminación natural deseada por los compradores. Es por eso que alrededor del mundo se investigan distintas formas de generar translucidez en el concreto.

En España, elaboraron un concreto translúcido a base de fibras ópticas de vidrio y polímeros orgánicos, con el cual lograron el paso de la luz a través del concreto, con una resistencia a la compresión de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y un peso volumétrico de 2100-2400 kg/m<sup>3</sup> (Bosch, 2011).

En México, elaboraron concreto translúcido con uso de cemento blanco, agregado fino y grueso, fibra de polopropileno y de vidrio, el concreto se elaboró en forma de bloque de 20cm x 20cm x 10 cm, con el cual obtuvieron una resistencia a la compresión de 450 kg/cm<sup>2</sup>, un peso 30% más ligero y hasta un 70% de paso de luz. (Barbarán, 2013)

En Colombia, se evaluaron las propiedades ópticas que se le realizaron a morteros preparados con fluoruro de calcio como agregado, se determinó cuál debe ser la variación del tamaño del agregado para mejorar la transmitancia de un haz de luz en el rango visible, Se utilizó fundamentalmente: fluorita y cemento pórtland tipo III gris y blanco y se midieron tres propiedades ópticas: Reflexión, absorción y transmitancia mediante la utilización de un espectrofotómetro y dos fuentes de luz; se identificó que los morteros con cemento blanco, mayor tamaño de agregado, y una relación cemento: agregado óptima, presentan los mejores resultados. (Montilla, 2012)

En Perú no se han realizado estudios anteriores enfocados al concreto translúcido, por lo cual se espera que esta investigación sirva de motivación para futuros estudios.

La entidad que normaliza las especificaciones del concreto en el Perú es el ministerio de vivienda construcción y saneamiento, mediante la norma técnica peruana E060.

### 1.1.2. Macro

En la actualidad no existen muchos estudios nacionales e internacionales donde se emplee el concreto translúcido, existen distintas maneras de hacerlo pero la que se empleara en este proyecto será empleando cuarzo y cemento blanco.

Según Bosch (2011), donde nos indica que el hormigón translúcido artificial creado en México no solo permite ver las sombras sino que también se diferencian los colores, a comparación del hormigón de Litracón que no permite el paso de colores solo el paso de luz y por tanto se puede visualizar sombras.

Así mismo recomienda establecer especificaciones propias para estos hormigones que permitan poder clasificarlos de forma simple y rápida en caso el material sea o no apto para su uso.

Adicionalmente, Montilla (2012), indica que de acuerdo con los resultados obtenidos en su investigación, para un espesor determinado, la pasta de cemento es el material que presenta la mayor pérdida de energía de un haz de luz; el uso de fluorita como agregado permite mejorar las propiedades de transmitancia; si se utiliza vidrio como agregado se obtiene mayor transmitancia que con fluorita.

También hace mención que para las investigaciones futuras deberían concentrar su mayor esfuerzo en reducir el porcentaje de absorción que produce el cemento; la modificación de la banda prohibida de energía de este material podría llevar a una reducción del coeficiente de extinción.

Finalmente, Cadavid Restrepo (2013), determinó que la incorporación de fibras ópticas en el concreto convencional puede influenciar directamente en su trabajabilidad, dependiendo de la forma, disposición y colocación de la fibra óptica adicionada.

Adicionalmente sugiere que para futuras investigaciones que evalúen una elaboración artesanal de concreto con fibra óptica se seleccione con grandes dimensiones y formas más simples para poder elaborar una mezcla en un menor tiempo.

Las tres tesis nos proporcionarán la información y recomendaciones necesarias para la realización de este proyecto de investigación, se aprecia que tanto el uso de fibra óptica como fluorita afectan en las características del concreto translúcido dependiendo de sus propiedades físicas, para medir cuan translúcido es el concreto, se empleará un Luxómetro o medidor de luz para posteriormente dar el resultado en función de un porcentaje de luz que pasa a través del concreto.

En Perú no hay empresas que se fabriquen o utilicen el concreto translúcido para fines constructivos, sin embargo en México la empresa encargada de la venta de ladrillos translúcidos es LITRACON, la cual fabrica estos ladrillos adicionando fibras ópticas de vidrio.

### 1.1.3. Micro

Actualmente los proyectos de edificaciones necesitan nuevas alternativas para solucionar distintos problemas, uno de ellos es el caso de la iluminación la cual se abastece principalmente de la luz artificial, debido a que carecen de áreas que proporcionen luz natural como patios o jardines. Este problema se presenta principalmente en edificaciones multifamiliares, en las cuales la luz natural es limitada y solo es proporcionada por los frentes libres. (Pastorelli, 2009)

En general, las construcciones son elaboradas con la intención de proporcionar un medio seguro y cómodo para la población durante un tiempo de vida útil.

Desde el punto de vista de la seguridad, una construcción en buen estado garantiza el correcto funcionamiento de este, factor que intervendrá en la protección de los recursos que operan en su interior durante algún evento meteorológico. Por ejemplo, bajo una situación de sismo, los elementos de la estructura no se verán afectados por este, siendo capaces de soportarlo sin sufrir daños severos. Por eso el uso de nuevos elementos deben cumplir con estándares de sus propiedades, como la resistencia a la compresión y su reacción química en la mezcla con otros elementos.

Por otro lado, desde el punto de vista de la comodidad, la ausencia de luz natural afecta notablemente el confort en las personas que operan en ella. Durante la vida útil de la edificación, se produce un uso excesivo de luz artificial llegando a interrumpir el sistema hormonal, generando mayor probabilidad de padecer enfermedades y agravando las condiciones de pacientes con enfermedades fotosensibles.

Adicionalmente, en el Perú existe un aumento de la demanda de edificios multifamiliares, principalmente en áreas urbanas, y debido a los límites de la urbanización, los lotes para su construcción presentan áreas reducidas. (Bruce, 2018)

La problemática sobre el uso de nuevas tecnologías empleadas en el ámbito de la construcción no solo está en función a la aplicación de los mismos, sino también a que la mentalidad de la gente aún no acepta al cien por ciento el uso de materiales no tradicionales, este proyecto de investigación busca fomentar el uso de estas tecnologías, las cuales están implementando nuevos conceptos de construcción y nuestro país debe adecuarse a los

cambios de la época ya que con el fin de estandarizar procesos para que las actividades se realicen con el menor riesgo posible pero siendo lo más eficaz posible.

Por último, cabe recalcar que todos los estudios nuevos que se presenten en los próximos años deberán cumplir con los ensayos del reglamento con el objetivo de que cumpla con los requerimientos necesarios de los materiales de construcción tal y como se llevará a cabo en el presente proyecto de investigación.

#### 1.1.4. Nano

La importancia de conocer distintos estudios los cuales provean de una alternativa de mejorar la iluminación con luz natural a través del concreto permitirá a las personas que operen en una construcción recuperar el ritmo normal de las neuronas y revertir los efectos negativos provocados por la luz artificial. Por ende, se deben realizar ensayos a nuevos materiales que se encuentren dentro de los estándares de calidad para su uso en la construcción y a su vez que proporcionen cualidades luminiscentes.

Por ello, la presente investigación medirá la traslucidez generada por el concreto empleando cuarzo en lugar del agregado grueso, teniendo en cuenta que su capacidad a la resistencia a la compresión se encuentre dentro de los parámetros mínimos aceptables. Ello generará una iniciativa positiva en las empresas constructoras que tengan la necesidad de reducir el uso de luz artificial. Y considerando que muchas de ellas tienen en cuenta que en la distribución de los ambientes solo se obtenga luz natural por los frentes libres del lote, mas no se preocupan por la iluminación de los ambientes más oscuros que dejan; esta investigación les brindará una nueva opción para su diseño arquitectónico.

Adicionalmente, investigar el uso del cuarzo como nuevo material de construcción es útil para las empresas que venden concreto premezclado, pues les abrirá una nueva alternativa de venta en su negocio, con el cual fomentarán la práctica de nuevas metodologías en la construcción con las cuales pueden aprovechar la iluminación natural. Cabe destacar que, en otros países, el estudio de distintos elementos que generen un concreto traslúcido se vuelve más común, originando mayor investigación y la posible creación de nuevos aditivos.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la influencia del cuarzo como reemplazante del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación General**

Esta investigación es necesaria porque beneficiará a las empresas constructoras y las personas dedicadas al rubro de la construcción, sobre cómo tener tecnologías más actualizadas que aprovechen la iluminación natural empleando nuevos elementos en la elaboración del concreto.

### **1.3.2. Justificación Teórica**

En la actualidad el incremento poblacional es un problema a nivel mundial y Trujillo no es la excepción, esto genera que los proyectos se lleven a cabo en áreas reducidas, por eso una investigación que permitirá ampliar el conocimiento sobre nuevos materiales de construcción que proporcionen luz natural por medio de la translucidez y que cumplan con los estándares mínimos de calidad.

### **1.3.3. Justificación Aplicativa**

Así mismo, ya que en Trujillo no existen muchos estudios enfocados al uso de materiales translucidos en una edificación, fomentará el uso de nuevas tecnologías en el concreto, cabe recalcar que se emplearan metodologías actuales y reglamentadas a nivel nacional e internacional.

### **1.3.4. Justificación Valorativa**

Por otro lado, el uso de nuevos elementos en la fabricación del concreto es importante para tener alternativas adicionales como solución a los problemas frecuentes en la construcción. Por ello, mientras más estudios de materiales translucidos aplicables a la construcción existan, las constructoras tendrán mayor conocimiento y precisión en su campo laboral.

### 1.3.5. Justificación Académica

Finalmente se espera que este estudio motive el nacimiento de nuevas investigaciones por parte de los futuros tesisistas y de empresas constructoras sobre la influencia de nuevos elementos en el concreto que proporcionen traslucidez, apoyando al avance y a creaciones de materiales de construcción.

### 1.4. Limitaciones

- Una de las principales limitaciones de este proyecto será la obtención del cuarzo cristal transparente, puesto que es escaso el mineral en la región. Esto se solucionará buscando un tipo de cuarzo que contenga una gran parte de traslucidez.

### 1.5. Objetivos

#### 1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia del cuarzo como reemplazante del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto.

#### 1.5.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el cuarzo para obtener un tamaño nominal igual que el del agregado grueso.
- Determinar un diseño de mezcla para la elaboración de las probetas de concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- Determinar la influencia del cuarzo en el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto.
- Medir la traslucidez generada por el cuarzo como agregado grueso en el concreto.
- Concluir si el uso del cuarzo como reemplazante del agregado grueso favorece o no a la mezcla del concreto.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Tesis: **“CONCRETO TRANSLÚCIDO TRANSMISIÓN DE LUZ VISIBLE A TRAVÉS DE MORTEROS CON FLUORITA COMO AGREGADO FINO”**

En la tesis realizada por Montilla (2012), tuvo como objetivo evaluar las propiedades ópticas de los morteros elaborados con fluoruro de calcio en sustitución del agregado fino. Para ello, se definió una modelación matemática para formular la hipótesis sobre cual debe ser la variación en el tamaño del agregado con el fin de aumentar la traslucidez de dicho mortero. Una vez reproducidos estos diseños se elaboraron las muestras usando fluorita y cemento Pórtland tipo III gris y cemento blanco con el fin de analizar tres propiedades: absorción, reflexión y transmitancia usando un espectrómetro y dos fuentes de luz. El ensayo presentó pérdidas en el haz de luz visible incidente por reflexión de 4.65% y un porcentaje de transmitancia de 0.038%, generando una absorción de luz visible de 95.31%. El estudio concluye que los morteros elaborados con cemento blanco, mayor tamaño de agregado, y una relación de cemento:agregado óptima presentan mejores resultados.

Este estudio brinda una aplicación de los materiales translúcidos en mezclas de cemento, los aparatos y herramientas empleadas para la medición de cantidad de luz, los esquemas y cuadros comparativos que tuvieron en cuenta para evaluar la traslucidez del material.

Tesis: **“HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON FIBRA ÓPTICA”**

La tesis elaborada por Bosch (2011), tuvo como principal objetivo el estudio del hormigón translúcido y su posible uso como paneles en ambientes interiores. Para ello se dosificó la mezcla para probetas de 16cm x 4cm x 4 cm en donde iba variando el número de capas de tejido de fibra óptica. Seguidamente, se sometieron las probetas a los ensayos de resistencia a la compresión y flexión, así como cantidad de luz pasable, resistencia al desgaste y a la abrasión. Finalmente lo compara con los ensayos realizados en México. Las probetas ensayadas presentaron una resistencia a la compresión promedio de 250 kg/cm<sup>2</sup> y permitieron un paso de luz de hasta un 70%. El investigador concluye que la resistencia obtenida es similar en comparación con la investigación realizada en Mexico, y recomienda la invención de un sistema industrial para poder fijar el tejido de fibra óptica al encofrado, con el fin de facilitar la elaboración de este producto.



El aporte que brinda este proyecto de investigación es que proporciona una nueva perspectiva de los posibles usos de materiales translúcidos en la construcción, así como los pasos a tomar en cuenta para el análisis de los ensayos a realizar para evaluar el material.

**Tesis: “CONCRETO TRANSLÚCIDO: ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE LA FABRICACIÓN DE PANELES DE CONCRETO CON FIBRA ÓPTICA Y SUS APLICACIONES EN LA ARQUITECTURA”**

La investigación de Cadavid Restrepo (2013), busca conocer las principales características del concreto con fibra óptica como material de construcción y acabados de edificios, evaluando la resistencia y la transmisión de luz en espacios arquitectónicos y sostenibles. Para ello, realizó el diseño de mezcla para un concreto de 15 MPa, las probetas diseñadas fueron cilíndricas de 10cm x 20cm, y se sometieron al ensayo de resistencia de compresión a la edad de 3, 7, 14 y 28 días; también se ha realizado el ensayo de intensidad luminosa para probetas incorporando fibra óptica en un 4%, 6% y 8% midiéndolo en tres horarios diferentes. Los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión promedia una resistencia de 17.1 MPa, superando la resistencia diseñada a la edad de 28 días, mientras que en el ensayo de intensidad luminosa obtiene un paso de luz promedio de 36% de luz natural, la cual se registró al mediodía. La investigación concluye que las fibras ópticas no alteran las propiedades del concreto, manteniendo la resistencia a la compresión; por lo tanto, el material se puede usar como elemento estructural y de iluminación.

Este estudio aporta un análisis adicional ya que se estableció un diferente método de medición para el ensayo de intensidad luminosa, el cual usa un luxómetro y materiales con fácil accesibilidad, también nos sirve de guía en el ensayo de compresión, pues emplea las mismas probetas que se usará en la presente investigación.

**Artículo CONCRETO TRANSLÚCIDO, INVENTO 100% MEXICANO**

Los ingenieros civiles mexicanos, Joel Sosa Gutiérrez y Sergio Omar Galván Cáceres, crearon en 2005 un revolucionario cemento que tiene la capacidad de ser colado bajo el agua y ser 30 por ciento más liviano que el concreto hasta ahora conocido. Además es más estético que el convencional, permite el ahorro de materiales de acabado como yeso, pintura y barniz y posee la misma utilidad. Su fabricación es igual a la del concreto común. Para ello se emplea cemento blanco, agregados finos, agregados gruesos, fibras, agua y el aditivo cuya fórmula es secreta, llamado Ilum. El aditivo es único en el mundo, y le confiere al concreto 15 veces más resistencia –4,500 kg/cm<sup>2</sup>- con nula absorción de agua, permite el paso de la luz. Tiene un peso volumétrico 30 por ciento inferior al comercial y puede ser colado bajo el agua. El concreto translúcido ofrece ventajas ambientales, tales como la

reducción en el uso de luz artificial, lo que permitiría una disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero.

#### Artículo **CONCRETO TRANSLÚCIDO DESARROLLADO EN MÉXICO**

En el artículo, Pastorelli (2009) realizó la comparación de la ficha técnica proporcionada por la empresa Litracón y el estudio de Sosa Gutiérrez y Galván Cáceres sobre el concreto translúcido. El artículo hace énfasis en que el concreto translúcido de Sosa y Galván presenta una diferencia en su composición química respecto al muy conocido Litracón, además este concreto no solo permite el paso de la luz y forma de figuras, sino que también el paso de algunos colores, lo que mejora su uso y permite facilitar la colocación de luminarias o imágenes en su interior y no se presenta deterioro bajo el agua por lo que de igual manera puede usarse en plataformas marinas, presas u otras estructuras que están en contacto con el agua. Los planes que se tienen para este descubrimiento en estos momentos pasan por exportar el producto a diferentes países fuera de México, contando con asociaciones como la que hicieron con Aron Losonczi, creador de Litracón e importantes ventas del material a oficinas de renombre como OMA, Hadid o Pelli entre otros.

#### Artículo **AVANCES EN EL DESARROLLO DE LOS CONCRETOS TRANSLÚCIDOS**

Los investigadores Hoyos, Tobón & Farbiarz (s.f.) determinan que la luz artificial en las edificaciones genera un gran consumo de los recursos naturales que la producen, lo que trae como consecuencia el aumento en la escasez de materias primas en su mayoría no renovables. El material de mayor uso para la construcción de dichas edificaciones es el concreto, cuyas propiedades no incluye la de ser translúcido. Resulta obvio que, si fuese posible conferirle al concreto esta propiedad, se contribuiría a reducir el uso de luz artificial. Este trabajo quiere dar a conocer algunas de las líneas de investigación, reportadas en la literatura, que a nivel mundial se han desarrollado alrededor del tema. Dos líneas se detectan, la primera de ellas se basa en el reemplazo total del cemento Portland por un cementante translucido y la segunda en la adición o sustitución del agregado por materiales que permitan la transmisión de una onda electromagnética dentro del intervalo de luz visible. El desarrollo de las investigaciones de concreto translúcido cada vez muestra un mayor interés por parte de la comunidad científica. Ya se cuenta con artículos publicados en revistas indexadas que empiezan a presentar resultados de las propiedades de éstos nuevos materiales. Al aumentar la cantidad de fibra óptica (superiores al 5%) en los concretos translucidos, la resistencia a compresión se ve disminuida entre un 10% y 46%; presentando un aumento, en luz transmitida, mayor al 2%.

## 2.2. Bases Teóricas

### a. MATERIALES CEMENTOSOS

Cualquier sustancia que aglutine materiales puede considerarse como cemento. Hay muchos tipos de cementos, pero en construcción el término “cemento” se refiere a agentes que se mezclan con agua u otro líquido, para obtener una pasta aglutinante. Inicialmente, una masa de partículas cubierta con la pasta está en estado plástico y puede conformarse, o moldearse, en varias formas. Esta mezcla puede tenerse por material cementoso porque puede aglutinar otros materiales. Tras un tiempo, debido a las reacciones químicas, la pasta fragua y la masa se endurece. Cuando las partículas son agregados finos, se obtiene mortero; cuando son agregados finos mezclados con gruesos, se obtiene concreto. (Merritt, Loftin, & Ricketts, 2008)

#### TIPOS DE MATERIALES CEMENTOSOS

Los materiales cementosos se pueden clasificar en varias formas. Una de las que con frecuencia se utiliza es por el constituyente químico que ocasiona el fraguado o endurecimiento del cemento. Los cementos de silicato y aluminato, donde los agentes fraguadores son silicatos y aluminatos de calcio, son los tipos que se usan con más frecuencia.

Las calces, donde el endurecimiento se debe a la conversión de hidróxidos en carbonatos, se utilizaron anteriormente como el único material cementoso, pero su lento fraguado y endurecimiento no son compatibles con las necesidades modernas. Por lo tanto, su principal función en la actualidad es plastificar los cementos que de otra forma serían gruesos y agregar elasticidad a morteros y repellos. El uso de calces es benéfico debido a que su lento fraguado favorece la cura o recementación de grietas superficiales finas.

Otra clase de cementos está formada de yeso calcinado y sus productos afines. Los cementos de yeso son de uso generalizado en el repellado de interiores y en la fabricación de entarimados y de bloques. (Merritt, Loftin, & Ricketts, 2008)

### b. CEMENTO PORTLAND

Las partículas que se convierten en agentes aglutinantes se conocen como cementos hidráulicos cuando se mezclan con agua. Los cementos de uso más generalizado en construcción son los cementos portland, que se elaboran con la incorporación de una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos. La materia prima se dosifica con todo

cuidado para obtener las cantidades deseadas de cal, sílice, óxido de aluminio y óxido de hierro. Después de triturada, para facilitar la calcinación, la materia prima se pasa a largo horno rotatorio, que se mantiene a una temperatura de alrededor de 2700°F. La materia prima, durante su calcinación, sufre reacciones químicas y forma nódulos duros, del tamaño de una nuez, de un nuevo material llamado clínker.

El clínker, después de descargarlo del horno y enfriarlo, se tritura para formar un polvo fino (no menos de 1600 cm<sup>2</sup> por gramo de superficie). Durante este proceso de trituración se agrega un retardante (por lo general un pequeño porcentaje de yeso) para controlar la rapidez de fraguado en el momento en que se deshidrata el cemento. El polvo fino es el cemento portland.

Hay cuatro compuestos que constituyen más de 90% de peso de cemento portland, a saber: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminio tricálcico y ferroaluminato tetracálcico. Cada uno de estos compuestos puede identificarse en la estructura del clínker vista al microscopio y cada una aporta propiedades características que determinan la mezcla final. (Merritt, Loftin, & Ricketts, 2008)

### **HIDRATACIÓN DEL COMENTO**

Cuando se agrega agua al cemento portland, compuestos básicos presentes transforman en nuevos compuestos por reacciones químicas.

Dos silicatos de calcio, que constituyen alrededor del 75% por peso del cemento portland, reaccionan con el agua para producir dos nuevos compuestos: gel de tobermorita el cual no es cristalino e hidróxido de calcio que es cristalino. En la pasta de cemento completamente hidratada, el hidróxido de calcio constituye el 25% del peso y el gel de tobermorita alrededor del 50%. En la última reacción aparece el yeso, compuesto agregado al cemento portland durante la trituración del clínker para controlar el fraguado.

Cada producto de la relación de hidratación desempeña una función en el comportamiento mecánico de la pasta endurecida. El más importante de ellos es el compuesto llamado gel de tobermorita, el cual es el principal compuesto aglomerante de la pasta de cemento. Este gel tiene composición y estructura semejantes a la de un mineral natural, llamado tobermorita, debido a que fue descubierto en la zona de Tobermory en Escocia. Este gel es una sustancia dividida, extremadamente fina, con estructura coherente. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

El diámetro promedio de un grano de cemento portland proveniente de la trituración del clínker es de alrededor de 10 µm. Las partículas del producto de hidratación, gel de tobermorita, son del orden de una milésima de este tamaño. Las partículas de ese minúsculo tamaño sólo pueden observarse con la amplificación disponible en un microscopio electrónico. La enorme superficie específica del gel (alrededor de 3

millones de  $\text{cm}^2$  por gramo) produce fuerzas atractivas entre las partículas, porque los átomos en cada superficie tratan de completar sus enlaces insaturados por medio de absorción. Estas fuerzas ocasionan que las partículas de gel de tobermorita se adhieran entre sí y con otras partículas introducidas en la pasta de cemento. Por tanto, el gel de tobermorita forma la base de la pasta de cemento endurecida y del concreto, porque liga o aglutina entre sí a todos los componentes. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

### **EFFECTOS DE LOS COMPUESTOS DEL CEMENTO PORTLAND**

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland contribuyen en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación. El conocimiento del comportamiento de cada uno de los compuestos principales durante la hidratación permite ajustar las cantidades de cada uno durante la fabricación, para producir las propiedades deseadas en el cemento.

El silicato tricálcico ( $\text{C}_3\text{S}$ ) es el que produce la alta resistencia inicial del cemento portland hidratado. Pasa del fraguado inicial al final en unas cuantas horas. La reacción del  $\text{C}_3\text{S}$  con agua desprende una gran cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento está en relación directa con el calor de hidratación; cuanto más rápido sea el fraguado, tanto mayor será la exotermia. El  $\text{C}_3\text{S}$  hidratado alcanza gran parte de su resistencia en siete días. El silicato dicálcico ( $\text{C}_2\text{S}$ ) se encuentra en tres formas diferentes designadas alfa, beta y gamma. Dado que la fase alfa es inestable a la temperatura ambiente y la fase gamma no muestra endurecimiento al hidratarla, sólo la fase beta es importante en cemento portland. (Merritt, Loftin, & Ricketts, 2008)

El  $\text{C}_2\text{S}$  beta requiere algunos días para fraguar. Es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento portland. Debido a que la reacción de hidratación avanza con lentitud, hay un bajo calor de hidratación. El compuesto  $\text{C}_2\text{S}$  beta en el cemento portland desarrolla menores resistencias hasta después de 28 días; sin embargo, aumenta gradualmente, alcanzando una resistencia similar a la del  $\text{C}_3\text{S}$ .

El aluminato tricálcico ( $\text{C}_3\text{A}$ ) presenta fraguado instantáneo al hidratado. Es el causante primario del fraguado inicial del cemento portland y desprende grandes cantidades de calor durante la hidratación. El yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación, se combina con el  $\text{C}_3\text{A}$  para controlar el tiempo de fraguado. El compuesto  $\text{C}_3\text{A}$  muestra poco aumento en la resistencia después de un día. Aunque el  $\text{C}_3\text{A}$  hidratado, por sí solo, produce una resistencia muy baja, su presencia en el cemento portland hidratado produce otros efectos importantes. Un aumento en la cantidad de  $\text{C}_3\text{A}$  en el cemento portland

ocasiona un fraguado más rápido y también disminuye la resistencia del producto final al ataque de los sulfatos.

El ferroatuminato tetracálcico ( $C_4AF$ ) es semejante al  $C_3A$ , porque se hidrata con rapidez y sólo desarrolla baja resistencia. No obstante, al contrario de  $C_3A$ , no muestra fraguado instantáneo.

La velocidad de hidratación es afectada, además de la composición, por la finura de molienda, la cantidad de agua agregada y las temperaturas de los componentes al momento de mezclarlos. Para lograr una hidratación más rápida, los cementos se trituran hasta dejarlos muy finos. El aumento inicial en la temperatura y la presencia de una cantidad suficiente de agua también aceleran la rapidez de reacción. (Merritt, Loftin, & Ricketts, 2008)

## TIPOS DE CEMENTO

El cemento tipo I, para usos generales, es el que más se emplea para fines estructurales cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas para los otros cuatro tipos de cemento.

El cemento tipo II, modificado para usos generales, se emplea cuando se prevé una exposición moderada al ataque por sulfatos o cuando se requiere un moderado calor de hidratación. Estas características se logran al imponer limitaciones en el contenido de  $C_3A$  y  $C_3S$  del cemento. El cemento tipo II adquiere resistencia con más lentitud que el tipo I; pero al final de cuentas, alcanza la misma resistencia. El cemento tipo II, cuando se satisfacen los requisitos químicos opcionales, se puede utilizar como cemento de bajo contenido de álcali en presencia de agregados reactivos al álcali en concretos. (Merritt, Loftin, & Ricketts, 2008)

El cemento tipo III, de alta resistencia inicial, es recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla en 7 días una resistencia igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II. Esta alta resistencia inicial se logra al aumentar el contenido de  $C_3S$  y de  $C_3A$  en el cemento y al molerlo más fino. Las especificaciones no exigen un mínimo de finura, pero se advierte un límite práctico cuando las partículas son tan diminutas, que una cantidad muy pequeña de humedad prehidrata el cemento durante el almacenamiento y manejo. Dado que el cemento tipo III tiene un gran desprendimiento de calor, no se debe usar en colados masivos. Con un 15% de  $C_3A$  presenta una mala resistencia a los sulfatos. El contenido de  $C_3A$  puede limitarse al 8% para obtener una resistencia moderada a los sulfatos, o a 5% cuando se requiere alta resistencia. (Merritt, Loftin, & Ricketts, 2008)

El cemento tipo IV, de bajo calor de hidratación, se ha desarrollado para usarse en concreto masivo. Si se utiliza cemento tipo I en colados masivos que no puedan perder calor por radiación, el cemento libera suficiente calor durante la hidratación aumentando la temperatura del concreto hasta unos 50° o 60°F. Esto causa un aumento relativamente grande de las dimensiones mientras el concreto está todavía en estado plástico; posteriormente, su enfriamiento diferencial después de endurecer que se produzcan grietas por contracción. El bajo calor de hidratación en el cemento tipo IV se logra limitando los compuestos que más influyen en la formación de calor por hidratación, o sea,  $C_3A$  y  $C_3S$ . (Merritt, Loftin, & Ricketts, 2008)

Dado que estos compuestos también aportan la resistencia inicial de la mezcla de cemento, al limitarlos se tiene una mezcla que gana resistencia con lentitud. El calor de hidratación del cemento tipo IV suele ser más o menos 80% del de tipo II, 65% del de tipo I y 55% del de tipo III después de la primera semana de hidratación. Los porcentajes son un poco mayores después de más o menos un año.

El cemento tipo V, resistente a los sulfatos se especifica cuando hay una exposición intensa a los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y en estructuras expuestas al agua del mar. La resistencia al sulfato del cemento tipo V se logra minimizando el contenido de  $C_3A$  pues este compuesto es el más susceptible al ataque por sulfatos. (Merritt, Loftin, & Ricketts, 2008)

### **CEMENTO PORTLAND BLANCO**

Estos cementos producen morteros de color blanco brillante para uso en aplicaciones arquitectónicas. Para obtener este color blanco en el cemento es necesario utilizar la materia prima con bajo contenido de óxido de hierro, usar combustible sin pirita y calcinar a una temperatura arriba de la necesaria para el cemento portland normal. Las propiedades físicas generalmente satisfacen los requisitos de un cemento portland tipo I. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

### **c. AGREGADOS PARA CONCRETO**

El término "agregado" es amplio y comprende bloque, pedruscos, piedra triturada, grava, escoria de alto horno enfriada por aire, arenas nativas y manufacturadas, y agregados de peso ligero manufacturados y naturales. Los agregados se pueden describir más por sus respectivos tamaños.

**Agregados de peso normal.** Estos agregados tienen pesos específicos de entre 2.0 y 3.0. En general, se distinguen por su tamaño en la forma siguiente:

- Bloque: mayores de 6 in

- Pedruscos: de 6 a 3 in
- Agregado grueso: de 3 in a tamiz #4
- Agregado fino: de tamiz #4 a tamiz #200
- Relleno mineral: material que pase por el tamiz #200

Empleados en la mayor parte de las construcciones de concreto, los agregados de peso normal se obtienen de lechos secos de ríos o al extraer y triturar material de formaciones. El concreto hecho con finos de peso normal y agregados gruesos pesa alrededor de 144 lb/ft<sup>3</sup>.

Los bloques y los pedruscos no se utilizan tal como se extraen, sino que son triturados hasta obtener los diversos tamaños de agregado grueso y arenas manufacturadas y relleno mineral. Las gravas y arenas en estado natural se obtienen por acción del agua y desgaste en glaciares y depósitos de ríos. Estos materiales tienen superficies tersas, redondas, y distribuciones de tamaño de partículas que requieren de un procesamiento mínimo. Estos materiales se pueden obtener en granulometrías ya sea gruesa o de agregados finos. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

Los agregados finos pasan el 100% de su material por un tamiz de  $\frac{3}{4}$  de pulgada; los agregados gruesos retienen la mayor parte del material en un tamiz #4.

Los agregados comprenden alrededor del 75% del volumen de una mezcla típica de concreto. La limpieza, estabilidad de volumen, resistencia y forma de la partícula son importantes en cualquier agregado. Los agregados se consideran limpios si no tienen exceso de arcilla, sedimento, mica, materia orgánica, sales químicas y granos cubiertos. Un agregado es físicamente estable en volumen si retiene estabilidad dimensional bajo cambios de temperatura o humedad y resiste la intemperie sin descomposición. Para ser considerado adecuado en resistencia, un agregado debe ser capaz de aprovechar toda la fuerza de la matriz de cemento. Cuando la resistencia al desgaste sea importante, el agregado debe ser duro y tenaz. (MAMLOUK & ZANIEWSKI, 2009)

Se han desarrollado varios procesos para mejorar la calidad de los agregados que no satisfagan las especificaciones deseadas. Se puede utilizar el lavado para eliminar recubrimientos de las partículas o para cambiar la granulometría del agregado. Para mejorar los agregados gruesos se puede emplear la separación de elementos pesados, mediante un líquido de gravedad específica variable como es una suspensión de agua y magnetita finamente molida y ferrosilicio. El material no deseable de peso ligero se elimina por flotación, y las partículas pesadas se asientan. La separación por vibración hidráulica, donde las partículas más ligeras son llevadas hacia arriba por pulsaciones causadas por aire o por diafragmas de hule, también es un medio para separar las partículas más ligeras. Las partículas suaves y



desmenuzables se pueden separar de las duras y elásticas por un proceso llamado fraccionamiento elástico. Los agregados se dejan caer en una superficie inclinada de acero endurecido, y su calidad se mide por la distancia que rebotan.

Los agregados que contienen ciertas formas de sílices o carbonatos pueden reaccionar con los álcalis presentes en el cemento portland (óxido de sodio y óxido de potasio). El producto de reacción agrieta el concreto o puede crear ampollas en la superficie del concreto. La reacción es más pronunciada cuando el concreto está en un medio caliente y húmedo.

#### **d. AGUA**

Sustancia líquida transparente, compuesto de dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno, (H<sub>2</sub>O) en estado puro es inodora e insípida, no siempre se encuentra en estado puro por lo que puede contener en disolución de gases y sales, en suspensión, polvos y a veces microbios (Absalón y Salas, 2010).

##### **Agua de mezcla**

Agregadas a las mezclas de concreto o de mortero para hacer reaccionar el aglomerante (cemento) dándole a la mezcla las propiedades resistentes deseadas y la fluidez necesaria para facilitar su manejo y colocación.

##### **Agua de curado**

"Constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente el cemento, con el fin de que este se hidrate y alcance sus propiedades potenciales" (Sánchez, 2001).

#### **e. PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DEL CONCRETO**

##### **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Según National Ready Mixed Concrete Association, la resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades corrientes utilizadas en EE. UU. o en megapascuales (MPa) en unidades SI. Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 17 MPa o 173.4 kgf/cm<sup>2</sup> para concreto residencial hasta 28 MPa o 285.2 kgf/cm<sup>2</sup> y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 70 MPa o 714 kgf/cm<sup>2</sup> y más. Las mezclas de concreto se pueden diseñar de tal manera que

tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura. (ASOCONCRETO, 2010)

Otra definición dada por Riwa (2000), afirma que la Resistencia es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse. La resistencia a la compresión se utiliza como índice de calidad del concreto.

Por su propia naturaleza, la resistencia del concreto no puede ser mayor que la de sus agregados. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los concretos convencionales dista mucho de la que corresponde a la mayoría de las rocas empleadas como agregado, las mismas que se encuentran por encima de los 1000 kg/cm<sup>2</sup>. Por esta razón no se ha profundizado el análisis de la influencia del agregado en la resistencia del concreto.

Lo expresado anteriormente es de fácil comprobación, si se observa la fractura de los especímenes de concreto sometidos a ensayos de compresión. En ellos la rotura se presenta en el mortero o en la zona de adherencia con el agregado grueso y, por excepción, en los agregados descompuestos o alterados. (ASOCONCRETO, 2010)

#### **- Ensayo para determinar la resistencia a la compresión:**

La medida de la resistencia a la compresión se obtiene por medio de ensayos normalizados. La resistencia a la compresión se mide con una prensa, que aplica carga sobre la cara superior del cilindro a una velocidad especificada, mientras ocurre la falla. Este ensayo demora entre 2 y 3 minutos y después de ocurrida la falla, se anota la carga que lo originó; esta carga se divide entre el área de la sección transversal del cilindro obteniéndose así el esfuerzo de rotura del concreto. (ASOCONCRETO, 2010)

Se toma como base la resistencia máxima a la compresión a la edad de 28 días, los valores de resistencia de los concretos más utilizados varían comúnmente entre 142 y 428 kg/cm<sup>2</sup>. Existen algunas variables para tener en cuenta para realizar el ensayo de compresión:

Los cilindros almacenados en un campo a temperaturas elevadas presentan resistencias a la compresión a la edad de 7 días altas a comparación de lo esperado, pero su incremento desciende, de tal forma que los resultados a 28 días algunos casos no cumplen con los niveles de aceptación. (ASOCONCRETO, 2010)

Cuando hay un curado húmedo a edades tempranas, la resistencia a edades finales es baja, y su desarrollo es lento. Asimismo, no es posible obtener mayor resistencia aplicando el curado a destiempo. (ASOCONCRETO, 2010)

Si los cilindros son curados en campo, están expuestos a altas temperaturas las primeras 24 horas y por consiguiente pierden cerca del 10% de su resistencia final y no puede ser recuperada. (ASOCONCRETO, 2010)

Si se permite el secado de los cilindros antes del ensayo, la resistencia a la compresión aumenta; esta se reduce a un valor similar al obtenido tras el curado continuamente húmedo si se lo sumerge en agua la probeta seca. (ASOCONCRETO, 2010)

### **ASENTAMIENTO DEL CONCRETO**

Es una propiedad del concreto que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de esta entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación, es definido también como aquellos los cuales tienen el grado de humedad necesario como que al apretarlos con la mano quede adherida a esta la lechada de cemento. Este tipo de concretos solo contienen el agua necesaria para que su superficie, después de vibrados quede blanda y unida. (Merritt, Loftin, & Ricketts, 2008)

Los concretos plásticos son definidos como aquellos que contienen el agua necesaria para dar a la masa una consistencia pastosa.

Los concretos fluidos son aquellos que han sido amasados con tanta agua que la mezcla fluye como una pasta blanda. Este tipo de concretos solo debe ser empleado en aquellas estructuras en las que la disminución de calidad originada por el excesivo contenido de agua carece de importancia.

Los norteamericanos clasifican al concreto por el asentamiento de la mezcla fresca secas, plásticas y fluidas; el método de determinación empleado es conocido como método del cono de asentamiento, método del cono de Abrams o método Slump y define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o en milímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica por eso se puede definir el asentamiento como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría. (Merritt, Loftin, & Ricketts, 2008)

En mezclas de concreto adecuadamente proporcionadas, el contenido unitario de agua necesario para obtener un asentamiento determinado depende de diversos factores: La relación agua-cemento, ya que un incremento excesivo de agua disminuiría la resistencia; y por los requisitos de agua en el concreto, los cuales se incrementan conforme el perfil del agregado se hace más angular y la textura más rugosa.

Los requisitos de agua de la mezcla pueden ser significativamente reducidos por empleo de determinados aditivos, tales como los incorporadores de aire, los reductores de agua y los superplastificantes. (Merritt, Loftin, & Ricketts, 2008)

### **TRASLUCIDEZ**

De manera general, es el resultado de la combinación y evolución de distintos materiales mejorando las condiciones de luminosidad en ambientes interiores. De tal manera, que el material transforma lugares oscuros en ambientes iluminados. (Restrepo, 2013)

La luz al entrar en contacto con un material interacciona presentando tres fenómenos físicos: reflexión, absorción o transmitancia. La reflexión viene a ser la relación existente entre la intensidad del haz de luz reflejado y el haz incidente. La absorción ocurre cuando el material no refleja totalmente el haz de luz, dejando pasar el resto a través de su cuerpo. La transmitancia se da cuando el haz pasa a través del material hacia el exterior. (Montilla, 2012)

La translucidez y la transparencia tienen similitudes, mas no son exactamente lo mismo. La transparencia es la cualidad que permite el paso de luz y deja observar los objetos de manera clara y nítida, al contrario, la translucidez permite ver los objetos, pero no de forma clara. (Restrepo, 2013)

#### **- Ensayo para determinar la translucidez:**

Se efectúa midiendo la intensidad luminosa, por ellos se debe realizar el ensayo en un ambiente con buena iluminación natural. Para la medición se usa el luxómetro, el cual expresa la intensidad en luz, que viene a ser la unidad de iluminación de una superficie plana, que recibe en la dirección perpendicular. (Restrepo, 2013)

## **f. FABRICACIÓN DEL CONCRETO ESTRUCTURAL**

### **ESTABLECIMIENTO DE LA PROPORCIÓN Y MEZCLA DEL CONCRETO**

Los componentes de una mezcla se deben seleccionar para producir un concreto de las características deseadas para las condiciones de servicio y con trabajabilidad adecuada al mínimo costo. Por economía, la cantidad de cemento se debe mantener al mínimo. En general, este objetivo se facilita con la selección del agregado del tamaño máximo consecuente con los requisitos de la obra y buena graduación, para mantener pequeño volumen de huecos. Cuanto menor sea este volumen, menos pasta de cemento se necesitará para llenar los huecos.

La proporción agua-cemento debe ser lo más grande que sea posible para producir un concreto con la resistencia a la compresión, durabilidad e impermeabilidad deseadas y sin contracción excesiva. El agua agregada a una mezcla muy fresca mejora la trabajabilidad, pero un exceso de agua tiene efectos perjudiciales.

### **ESTABLECIMIENTO DE LA PROPORCIÓN DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO**

La mezcla de concreto se especifica con el peso, en libras, de agua, arena, agregado grueso y aditivos que se utilizarán por  $\text{m}^3$  de concreto mezclado. Además, se deben especificar el tipo de cemento/ módulo de finura de los agregados y el tamaño máximo de los agregados. Debido al gran número de variables implicadas, suele ser aconsejable proporcionar o dosificar las mezclas de concreto con la preparación y prueba de lotes experimentales. Se empieza con la selección de la proporción agua-cemento. Después, se preparan varios lotes de prueba, con proporciones variables de agregados a fin de obtener la trabajabilidad deseada con el mínimo de cemento. Los agregados utilizados en los lotes de prueba deben tener el mismo contenido de humedad que los agregados que se utilizarán en la obra. La cantidad de agua utilizada debe incluir el agua absorbida por los agregados secos o se debe reducir según la cantidad de agua libre en los agregados mojados.

Los lotes, si es posible, se deben hacer con máquina para obtener resultados muy aproximados a los que se obtendrían en el sitio de obra. Se deben hacer observaciones del revenimiento de la mezcla y de la apariencia del concreto. Además, se deben efectuar pruebas para evaluar la resistencia a la compresión y otras características deseadas. Después de haber seleccionado una mezcla, pueden ser necesarios algunos cambios después de experimentar en la obra.

### **MEZCLADO DEL CONCRETO**

Los componentes del concreto, por lo general, se almacenan en plantas dosificadores antes de cargarlos en la mezcladora. Las proporciones se controlan con básculas manuales o automáticas. El agua en la mezcla se dosifica desde tanques medidores dosificadores o con medidores de agua.

Siempre que es posible, se utilizan el mezclado con máquina para lograr el mezclado y consistencia uniformes de cada carga. Se logran buenos resultados con las mezcladoras del tipo de tambor giratorio, de uso generalizado en Estados Unidos y con mezcladores de contracorriente, en las cuales las espas mezcladoras giran en sentido opuesto al tambor.

### **EL TIEMPO DE MEZCLADO**

Contado desde el momento en que los ingredientes y el agua están en el tambor, debe ser, por lo menos, de 1.5 minutos para una mezcla de  $1 \text{ m}^3$ , más 0.5 minuto por cada  $\text{m}^3$  de capacidad adicional. El tiempo excesivo de mezclado puede eliminar el aire incluido y aumentar los finos, lo cual necesita más agua para mantener la

trabajabilidad. Por ello es aconsejable establecer un tiempo máximo de mezclado. Como guía general se emplean tres veces el tiempo mínimo de mezclado.

El concreto premezclado se dosifica en plantas en lugares convenientes y se entrega en las obras en camiones, casi siempre del tipo con mezcladora montada en el camión. El concreto puede mezclarse en el recorrido o al llegar a la obra. Aunque el concreto puede mantenerse plástico y trabajable hasta por 90 minutos con rotación lenta de la mezcladora, se mantiene mejor control del tiempo de mezclado si se agrega el agua y se empieza la mezcla de la llegada del camión a la obra, en donde puede inspeccionarse la operación.

### USOS ESTRUCTURALES

"Los elementos estructurales son las partes de una construcción que sirven para darle resistencia y rigidez. Su función principal es soportar el peso de la construcción y otras fuerzas como sismos, vientos, etc."(Cenapred, 2017)

Los elementos más importantes en la construcción son:

**a) Vigas y viguetas:** son habitualmente barras horizontales, que cumple una función muy importante en las construcciones como trasladar el peso a las columnas. Están sometidas generalmente a esfuerzos de flexión.

**b) Pilar o columna:** son habitualmente barras apoyadas verticalmente, cuya función principal es trasladar cargas hacia los cimientos. Los principales esfuerzos que soporta son de compresión y pandeo.

**c) Cimientos:** son los encargados de soportar y repartir en el suelo todo el peso de la estructura, soportando principalmente esfuerzos de compresión.

**d) Placas:** Son muros de concreto que proporcionan gran rigidez lateral ante movimientos laterales como los sismos.

### g. MINERALES

Según (Rivera Mantilla, 2005) en su libro GEOLOGÍA GENERAL, los minerales son de gran importancia en el desarrollo de las sociedades, ya que la gran mayoría de las industrias dependen en gran medida de las materias primas derivadas de los minerales.

Se denomina mineral, a toda sustancia sólida, inorgánica, natural, que posee una estructura interna característica por la disposición ordenada de sus átomos, con una composición química definida, propiedades físicas uniformes que varían dentro de límites definidos y que constituyen la corteza sólida de la Tierra.

El concepto mineral se concreta en estas tres cualidades: unidad material, es decir, ha de constar de manera homogénea en cualesquiera de sus partículas, de sustancia

equivalente por sus propiedades físicas y químicas; la de reconocer su origen natural, esto es, debe ser parte integrante de la corteza terrestre como resultado de procesos formativos naturales; y ha de representar exclusivamente a la parte sólida de la Tierra. Existe cierto número de sustancias minerales que no muestran signos de cristalinidad, son por lo general sustancias amorfas y se les denomina geles de mineral o mineraloide, pues se forman bajo condiciones de presión y temperaturas bajas formadas durante el proceso de meteorización de los materiales terrestres o por haberse enfriado bruscamente como la obsidiana o vidrio volcánico.

Asimismo, según (Strahler, 1992) en su libro GEOLOGÍA FÍSICA, un mineral puede definirse como un sólido homogéneo que se presenta de manera natural, que es sustancia inorgánica y que posee una estructura atómica ordenada y una composición química definida, o bien alguna que varía entre límites establecidos. Una especie mineral particular suele poderse identificar por un conjunto característico de propiedades físicas, como color, dureza, densidad y manera de romperse.

#### • FORMACIÓN DE LOS MINERALES

Los minerales se forman por el proceso de cristalización. Es el proceso por el cual los elementos de una sustancia, previamente separados se reúnen, sometidos únicamente a sus atracciones mutuas, dando origen a los cristales. Para que este proceso sea posible es necesario que estén presente, además de soluciones mineralizantes, la presión y temperatura; tres condiciones fundamentales previas, que son reposo, espacio y tiempo. Los cristales son más perfectos cuanto mejor se cumplan estos requisitos.

Los métodos de cristalización más generalizados son: (Rivera Mantilla, 2005)

- i. **Por solidificación:** una sustancia gaseosa está formada por moléculas separadas por distancias grandes que se encuentran en estado de agitación; a medida que la temperatura desciende, las moléculas pierden energía, disminuyen su velocidad y van acercándose; pasando así del estado gaseoso al líquido. Si la temperatura desciende lo suficiente, su movimiento llega casi a cesar, de tal manera que sus partículas se ordenan modelando una forma sólida y son ayudados a mantenerse en sus posiciones por fuerzas de enlaces.
- ii. **Por sublimación:** cuando las sustancias pasan directamente del estado gaseoso al sólido. Sin pasar necesariamente por el estado líquido.

- iii. **Por sobresaturación:** una gran cantidad de moléculas de disolvente pueden mantener separadas las partículas de las sustancias evitando la cristalización, pero al disminuir las moléculas por evaporación, las partículas disueltas se ponen en contacto y se forman núcleos de cristales.
- iv. **Por reacciones químicas:** se genera cuando dos sustancias disueltas, por medio de reacciones químicas, forman una tercera; ejemplo de este proceso es la formación de los carbonatos, sulfatos, etc.

- **LOS SILICATOS**

Los geólogos reconocen clases o grupos de minerales, cada uno de ellos con miembros que comparten el mismo ion o grupo de iones de carga negativa. Además, algunos minerales contienen grupos complejos estrechamente enlazados de átomos diferentes conocidos como radicales, que actúan como unidades individuales. Entre estos radicales se encuentran los silicatos ( $\text{SiO}_4$ ). Los silicatos son la combinación de silicio y oxígeno, la mayoría de los silicatos contienen uno o más elementos adicionales, sin embargo, el cuarzo es sílice puro debido a que está compuesto solo por sílice y oxígeno ( $\text{SiO}_2$ ).

El bloque básico constituyente de todos los silicatos es el tetraedro de silicio, que está formado por 1 átomo de silicio y cuatro de oxígeno. Estos átomos están dispuestos de manera que los cuatro oxígenos rodean al átomo de silicio, que ocupa el espacio entre los átomos de oxígeno, formando así una estructura piramidal de cuatro caras. El enlace que presenta esta estructura es medio iónico y medio covalente. (Monroe, Wicander, & Pozo, 2008)

Los tetraedros pueden formar diversas uniones estables en formas tales como anillos, cadenas, láminas y estructuras tridimensionales. Las redes tridimensionales de tetraedros de silicio se forman cuando éstos comparten sus cuatro átomos de oxígeno con los tetraedros adyacentes. Este proceso de compartir los átomos de oxígeno tiene como resultado una proporción de silicio con respecto a oxígeno de 1:2, que es eléctricamente neutro. El cuarzo es un silicato de estructura tridimensional, su estructura pertenece a una clase llamada de *armazones*. Un armazón es una malla continua de tetraedros unidos por los vértices de tal modo los iones oxígeno resultan compartidos. En el cuarzo, todo el armazón consiste en tetraedros de silicio-oxígeno y el enlace es igualmente fuerte en todas direcciones. (Strahler, 1992)



- **CUARZO**

El cuarzo consiste en dióxido de silicio. Se presenta de una forma típica, como un prisma hexagonal terminado por una pirámide hexagonal. Es un mineral duro, 7 de la escala de Mohs, y no tiene exfoliación. Se rompe con fractura concoide, de modo que los pedazos rotos de cuarzo cristalino parecen trozos macizos de vidrio roto. Se presenta con una variedad de colores: el cuarzo incoloro se llama cristal de roca; la amatista es una variedad violeta; el cuarzo rosado es rojizo o rosa; también puede tener un aspecto ahumado o lechoso. El peso específico del cuarzo aproximadamente es 2.65.

Además, se presenta bajo diversas variedades microcristalinas, con cristales individuales demasiado pequeños para que puedan apreciarse a simple vista. Entre los tipos microcristalinos se cuentan varias piedras semipreciosas: cornalina, ágata, ónice y jaspe. (Strahler, 1992)

- **PROPIEDADES DE LOS MINERALES**

La estructura interna y la composición química determinan las propiedades físicas características de todos los minerales. Muchas propiedades físicas son notablemente constantes para una especie de minerales dada, pero otras pueden variar, especialmente el color. Las propiedades pueden ser clasificadas como: que dependen de la luz, mecánicas, organolépticas y magnéticas.

- i. **Propiedades que dependen de la luz**

**Brillo:** llamado también lustre, está relacionado con la propiedad de reflexión de la luz en la superficie de los minerales. Depende del enlace químico, así tenemos que el brillo metálico lo tienen los minerales con enlace metálico y covalente-metálico; el brillo diamantino, los minerales con enlace covalente; mientras que el brillo vítreo los minerales con enlace iónico. Por ejemplo: (Rivera Mantilla, 2005)

- Brillo metálico: pirita
- Brillo no-metálico:
  - Vítreo: cuarzo, scheelita, azurita
  - Diamantino: diamante, blenda
  - Resinoso: esfalerita
  - Graso: azufre

Perlítico: talco

Sedoso: yeso, asbesto

Nacarado: muscovita, oropimente

**Color:** se debe a las modificaciones que su la luz al incidir sobre ellos. Esta propiedad se debe la composición química y a las impurezas presentes en el mineral, haciendo la salvedad que en un mismo mineral se pueden presentar una o más, tonalidades. Hay especies de color invariable, por no depender éste de la composición, a estos se les llama idiocromáticos, como el azul de la azulita o el verde de la malaquita; y se denomina alocromáticos a los que deben su color a sustancias extrañas o impurezas, como la esmeralda, que es un berilo, debe su color verde a la presencia de cromo. El cuarzo puede ser incoloro, marrón ahumado a casi negro, rosado, marrón-amarillo, blanco lechoso, azul o de violeta a morado. (Rivera Mantilla, 2005)

**Raya:** es el color del polvo que deja un mineral cuando se frota contra una superficie rugosa de otro cuerpo de mayor dureza. La raya es la característica más estable de la coloración y por eso se utiliza ampliamente en el diagnóstico. Son típicas la raya guinda roja para la hematita y la amarilla dorada brillante para el oro. (Rivera Mantilla, 2005)

**Diafanidad:** llamada también como transparencia, es la capacidad que tiene los minerales para dejar pasar la luz a través de ellos y puede ser: (Rivera Mantilla, 2005)

a) Transparentes. Cuando dejan pasar la luz de tal modo que pueden distinguirse a través de ellos el contorno de un objeto que se encuentra por detrás de dicho mineral (cuarzo hialino).

b) Translúcidos. Cuando dejan pasar algo de luz, pero los objetos no pueden ser vistos a través de ellos (calcedonia).

c) Opacos. Cuando no dejan pasar la luz aun estando en láminas muy delgadas (grafito).

## ii. Propiedades mecánicas

**Exfoliación:** no todos los minerales tienen exfoliación, pero aquellos que la poseen se rompen, o se dividen, a lo largo de un plano o planos lisos de debilidad, determinada por la fuerza de sus enlaces químicos. La exfoliación se caracteriza en términos de calidad, dirección y ángulos de intersección de los planos de exfoliación. (Monroe, Wicander, & Pozo, 2008)

**Clivaje o crucero:** Es la capacidad de los minerales de romperse siguiendo direcciones preferentes, a lo largo de superficies planas y ángulos definidos.

Como el clivaje está relacionado con la estructura cristalina, sirve de indicio diagnóstico importante de los minerales. (Rivera Mantilla, 2005)

Para la evaluación del clivaje existe la escala siguiente:

- Clivaje muy perfecto: el cristal se divide en láminas finas con superficie especular: yeso, mica.
- Clivaje perfecto. El cristal se rompe en cualquier lugar por direcciones determinadas, formando superficies planas: calcita, galena, halita.
- Clivaje mediano. Durante la fragmentación se forman tanto las superficies de clivaje regulares como irregulares: feldespato, hornblenda.
- Clivaje imperfecto. Las superficies de clivaje regulares son raras, presenta superficies irregulares: berilo, apatito.

**Fractura:** los minerales que no tienen clivaje o lo tiene imperfecto, se parten por superficies irregulares de fractura, al aplicarse golpes al mineral, en los que la cohesión es la misma en todas las direcciones y pueden ser de varias clases: (Rivera Mantilla, 2005)

- Irregular o sin forma: azufre nativo, apatito, casiterita.
- Escalonado : feldespatos.
- Espinosa: actinolita, tremolita.
- Ganchuda: cobre, oro, platino.
- Concoidea: cuarzo, ópalo.

**Dureza:** Es la resistencia que oponen los minerales a ser rayado, por la acción de un cuerpo más resistente. La dureza es el indicio diagnóstico más importante para el reconocimiento de los minerales. De una manera práctica para medir la dureza, se emplea una escala que lleva de nombre de Mohs (obtenida por el mineralogista australiano Mohs), compuesta por 10 minerales que tienen la raya de color blanco, que se toman como término de comparación.

**Tabla 1** Dureza de los minerales

D	Mineral	Características
1	Talco	Muy blandos, se rayan con la
2	Yeso	uña (2.5)
3	Calcita	Blandos, se rayan fácil con la
4	Fluorita	navaja (5.0)
5	Apatito	Duros, se rayan con la lima
6	Ortosa	(6.5)
7	Cuarzo	Muy duros, rayan al vidrio y al acero. Dan chispas don el eslabón.
8	Topacio	
9	Corindón	
10	Diamante	

**Fuente:** (Rivera Mantilla, 2005)

**Tenacidad:** Es la resistencia que un mineral opone a ser deformado y puede ser: (Rivera Mantilla, 2005)

- Elástico. capacidad de los minerales de recobrar su forma primitiva al cesar la fuerza que los deforma (muscovita).
- Flexible. capacidad de los minerales de no recobrar de nuevo su forma al cesar la fuerza que los deforma (yeso).
- Frágil. capacidad de los minerales a romperse en fragmentos o pulverizarse fácilmente (diamante).
- Maleable. Capacidad de reducirse a láminas delgadas (oro).
- Dúctil. Cuando pueden reducirse a hilos delgados (oro, plata, cobre)
- Séctil. Cuando puede ser reducido a virutas (plata).

**Peso específico:** es la densidad de los minerales medida en unidades de masa por unidad volumen (g/cm<sup>3</sup>).

Los minerales más difundidos tienen una densidad de 2.5 a 3.5 g/cm<sup>3</sup>. La mayoría de las especies minerales tienen una densidad menor de 5 g/cm<sup>3</sup>.

Los minerales pueden dividirse en tres grupos: (Rivera Mantilla, 2005)

- Ligeros (de hasta 3.0 g/cm<sup>3</sup>)
- Medios (de 3.0 a 4.0 g/cm<sup>3</sup>)
- Pesados (más de 4.0 g/cm<sup>3</sup>)

### iii. Propiedades organolécticas

**Tacto:** es una apreciación superficial de los cuerpos, con los cuales, algunos tienen un tacto característico que nos ayuda a identificarlos.

- Untuoso: talco
- Seco: creta
- Suaves: minerales de superficie muy lisa

**Sabor:** solamente lo poseen algunos minerales

- Salado: halita
- Amargo: silvita
- Astringente: alumbre
- Alcalino: calcita

**Olor:** Hay muy pocos minerales que tienen olor propio, tal el caso del azufre que al arder huele a sulfuroso. (Rivera Mantilla, 2005)

### iv. Propiedades magnéticas

Las propiedades magnéticas de los minerales surgen y se manifiestan en el campo magnético, son pocos los minerales que poseen gran imantación, suficiente para atraer la aguja magnética, los polvos magnéticos o el aserrín de hierro. Algunos minerales adquieren esta propiedad por tratamientos previos, pero otros tienen desde su formación. (Rivera Mantilla, 2005)

- Minerales Magnéticos. capaces de atraer partículas de hierro, son imanes naturales, los minerales conocidos son la magnetita y la magnoferrita
- Minerales Paramagnéticos. son atraídos por los imanes naturales, tales como ilmenita, hematita, cromita, tungstenita, siderita, así como silicatos que contienen hierro,
- Minerales Diamagnéticos. Son aquellos que son ligeramente repelidos, y esto se manifiesta con mayor fuerza por el bismuto nativo, grafito, y en menor grado por la plata y oro nativos; la fluorita, calcita y cuarzo.

### 2.3. Hipótesis

**Tabla 2: Hipótesis General**

HIPÓTESIS GENERAL	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
La aplicación del cuarzo como reemplazante del agregado grueso mejorará las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Trujillo 2018.	<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
	Cuarzo				
	Propiedades mecánicas	Concreto	Mejorará	Trujillo	Año 2018

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 3: Hipótesis específica 1**

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
La aplicación del cuarzo como reemplazante del agregado grueso en 25% mejorará las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Trujillo 2018.	<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
	Cuarzo				
	Propiedades mecánicas	Concreto	Mejorará	Trujillo	Año 2018

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 4: Hipótesis específica 2**

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
La aplicación del cuarzo como reemplazante del agregado grueso en 50% mejorará las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Trujillo 2018.	<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
	Cuarzo				
	Propiedades mecánicas	Concreto	Mejorará	Trujillo	Año 2018

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 5: Hipótesis específica 3**

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	COMPONENTES METODOLÓGICOS	COMPONENTES REFERENCIALES			
La aplicación del cuarzo como reemplazante del agregado grueso en 100% mejorará las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Trujillo 2018.	<b>Variables</b>  Cuarzo  Propiedades mecánicas	<b>Unidad de análisis</b>  Concreto	<b>Conectores lógicos</b>  Mejorará	<b>El espacio</b>  Trujillo	<b>El tiempo</b>  Año 2018

**Fuente:** Elaboración Propia

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

### 3.1 Operacionalización de variables

**Tabla 6: Operacionalización de variables**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Propiedades Mecánicas	Características del concreto que varían según el estado que este se encuentre, ya sea fresco, proceso de fraguado o endurecido. Brindan manejabilidad y características requeridas para diferentes tipos de construcciones.	Se ensayarán 60 probetas cilíndricas y 12 probetas cúbicas de concreto.	Resistencia a la compresión	Diseño de mezcla	Resistencia de diseño (kg/cm <sup>2</sup> ) Relación a/c Dosificación del concreto (kg) Carga máxima (kg)
				Capacidad de carga soportada	Área (cm <sup>2</sup> )
			Traslucidez	Ensayo de translucidez	Cantidad de luz que deja pasar (lúmenes)

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.2 Diseño de investigación

Esta investigación es de tipo experimental porque manipula intencionalmente la variable, para el presente estudio se analizará la reacción del reemplazo de agregado grueso por cuarzo en la mezcla de concreto.

Siendo el diseño experimental, de tipo experimental puro, porque se controla la cantidad de cuarzo a reemplazar en el grupo de control de concreto de forma aleatoria y se compara los datos obtenidos entre ambos grupos evaluados.

Esquema:

Grupo	Asignación	Pre Prueba	Tratamiento	Post Prueba
GE	R	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>
GC	R	O <sub>3</sub>	X	O <sub>4</sub>

Donde:

- GE: Grupo de estudio
- GC: Grupo control
- R: Grupo asignado al azar
- O<sub>1</sub>, O<sub>3</sub>: Pre test
- O<sub>2</sub>, O<sub>4</sub>: Post test

### 3.3 Unidad de estudio

Concreto: la cual será elaborada con cemento blanco y tendrá una resistencia a la compresión de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.4 Población

La población de la siguiente investigación son todas las probetas concreto, de las cuales se someterán a los ensayos de resistencia a la compresión o traslucidez.

### 3.5 Muestra (muestreo o selección)

El tipo de muestreo a usar para la investigación es no probabilístico, debido a que el número de probetas a usar no se calcularán con métodos estadísticos, el método a emplear será por juicio, porque determinaremos un número específico de probetas para cada ensayo, basándonos en la cantidad mínimas de probetas necesarias estipuladas en las normas.

La muestra seleccionada es de 72 probetas, las cuales serán evaluadas mediante la siguiente distribución:

**Tabla 7: Número de probetas por ensayo**

Reemplazo de cuarzo según hipótesis	Ensayos	
	Traslucidez	Resistencia a la compresión
<b>Patrón</b>	3	15
<b>25%</b>	3	15
<b>50%</b>	3	15
<b>100%</b>	3	15
<b>Probetas por ensayo</b>	12	60
<b>TOTAL</b>	72 probetas	

*Fuente: Elaboración Propia*



### 3.6 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

#### 3.6.1 Técnica:

La técnica por utilizar en el siguiente proyecto será la observación porque mediante ésta se analizarán y detallarán las fallas encontradas en la zona de estudio, asimismo, se podrá observar el comportamiento de las probetas y predecir el estado de la mezcla en su vida útil.

#### 3.6.2 Instrumento:

El instrumento de recolección de datos será la guía de observación porque mediante su uso se tomarán los datos principales para su posterior análisis. (Ver Anexos N°

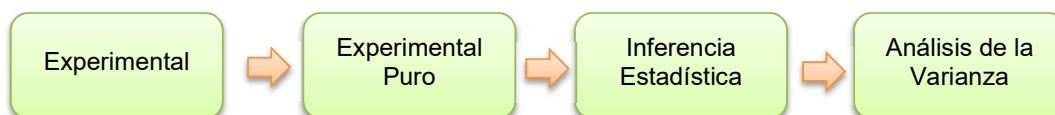
### 3.7 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.

#### 3.7.1 Métodos

En la presente investigación, el análisis estadístico de datos se realizará con el método de **inferencia estadística**, porque a partir de la información obtenida por una muestra, nos permite inducir el comportamiento en una población específica con un margen de error medible en probabilidad.

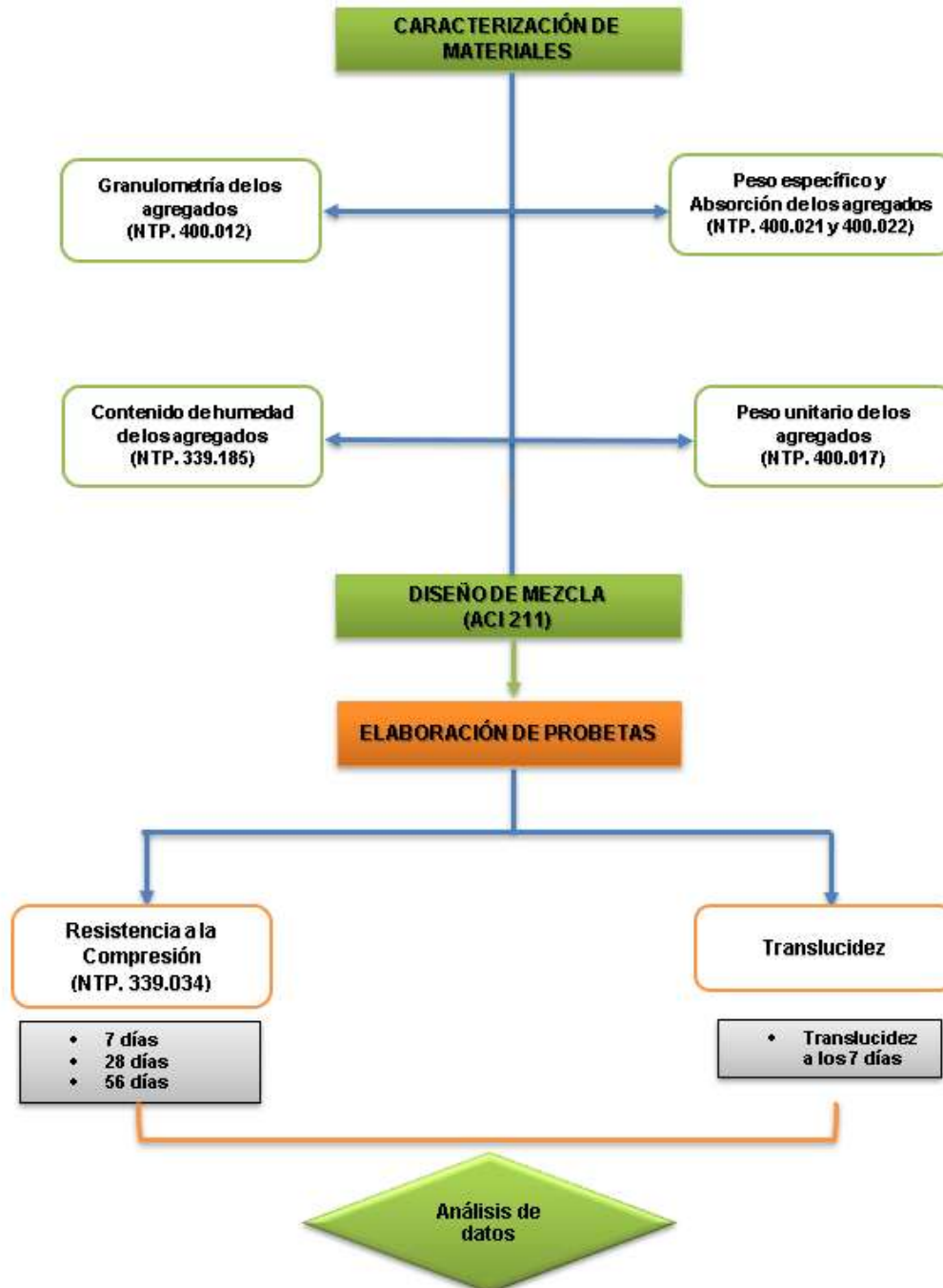
#### 3.7.2 Instrumentos

La prueba de hipótesis es paramétrica, debido a que se realizará una suposición de datos para determinar si es o no válida. Por eso, el instrumento que se utilizará es **EL MÉTODO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA)** pues nos ayudará a identificar las diferencias entre dos poblaciones de muestras independientes, cuyos datos obtenidos sean medidos en escala ordinal.



### 3.7.3. Procedimiento

**Gráfico 1** Desarrollo de tesis



### 3.7.3.1 Granulometría de los agregados (NTP.400.012)

Según la (NTP.400.012), la granulometría se realiza con el fin de determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales. Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y, a su vez, brindar los datos necesarios para el cálculo en el diseño de mezcla.

#### MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO:

La (NTP.400.011), establece que el módulo de finura es un factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100. La fórmula para determinar el módulo de finura es la siguiente:

$$MF = \frac{\sum \%P. ret. acu. (1\frac{1}{2}'' , \frac{3}{4}'' , \frac{3}{8}'' N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

#### CURVA GRANULOMÉTRICA:

Según la (NTP.400.011), la curva granulométrica es la representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados.

### 3.7.3.2 Peso específico y absorción de los agregados (NTP.400.021 y 400.022)

#### PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO:

Según la NTP.400.021, el peso específico es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas que contienen agregados incluyendo el concreto de cemento Portland, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas sobre una base de volumen absoluto. Para la investigación, es necesario obtener el peso específico seco, peso específico saturado superficialmente seco (SSS) y peso específico aparente.

Para eso, es necesario aplicar las siguientes fórmulas, donde:

"A = Peso de la muestra seca al aire en gramos "

"B =Peso de la muestra superficialmente seca al aire en gramos"

"C =Peso en el agua de la muestra saturada en gramos"

**Peso específico de masa (Pem):**

$$Pem = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

**Peso específico de masa SSS (Psss):**

$$PeSSS = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

**Peso específico aparente (Pea):**

$$Pea = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

Los valores de absorción se usan para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de los poros dentro de las partículas constituyentes, en comparación con la condición seca, cuando se considera que el agregado ha estado en contacto con el agua el tiempo suficiente para cumplir con la mayor parte del potencial de absorción. Para calcular la absorción del agregado grueso se usa la fórmula siguiente:

$$Abs(\%) = \frac{B - A}{(A)} \times 100$$

#### **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO:**

Para el cálculo del peso específico y la absorción del agregado fino se emplearán las fórmulas indicadas en la NTP.400.022, donde:

"A = Peso de la muestra en gramos "

"B = Peso del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración en gramos"

"C = Peso del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta calibración en gramos"

"S= Peso de la muestra de saturado superficialmente seca en gramos"

**Peso específico de masa (Pem):**

$$Pem = \frac{A}{(B + S - C)} \times 100$$

**Peso específico de masa satura superficialmente seca (Psss):**

$$Pem = \frac{S}{(B + S - C)} \times 100$$

**Peso específico aparente (Pea):**

$$Pem = \frac{A}{(B + A - C)} \times 100$$

**Absorción (Abs):**

$$Abs(\%) = \frac{S - A}{A} * 100$$

**3.7.3.3 Contenido de humedad de los agregados (NTP.339.185)**

Según la NTP.339.185, este método generalmente mide la humedad en la muestra de ensayo con mayor confiabilidad que la muestra representa a la fuente de agregado. Se determina expresado en porcentaje, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$w(\%) = \frac{w_w - w_s}{w_s} * 100$$

Donde:

“W<sub>w</sub> = Masa de la muestra humedad original en gramos”

“W<sub>s</sub> = Masa de la muestra seca en gramos”

**3.7.3.4 Peso unitario de los agregados (NTP.400.017)**

Según la NTP .400.017, se aplica a los agregados para determinar la densidad de masa y los vacíos. Este método de ensayo es aplicable a los agregados que no excedan las 5” como tamaño máximo nominal. La norma establece calcular el peso unitario suelto y compactado de los agregados mediante una fórmula única, la cual es la siguiente:

$$\text{Peso unitario del agregado} \left( \frac{kg}{m^3} \right) = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso recipiente}}{\text{Volumen recipiente}}$$

**3.7.3.5 Resistencia a la compresión**

El ensayo se basará en la norma NTP 339.034: “METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO, EN MUESTRAS CILINDRICAS”.

El ensayo consiste en someter a las probetas cilíndricas bajo una carga de compresión axial a una velocidad normalizada mientras ocurre una falla. Los pasos para tener en cuenta en este ensayo son:

- El ensayo será realizado tan pronto como sea retirado del almacenaje y manteniendo la humedad.
- Limpiar las caras de contacto superior e inferior de los bloques de rótula. Colocar el bloque de rótula inferior en la máquina de ensayo, y el bloque de rótula superior sobre la cara superior de la probeta.
- Alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.
- Verificar que el indicador de carga se encuentre en cero.

- Aplicar la carga de manera continua y permanente, esta velocidad de carga debe ser de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s.
- Registrar la máxima carga aplicada a la probeta, este valor se obtiene cuando el espécimen falle.
- Anotar el tipo de patrón de falla presentado por la probeta.
- Calcular la resistencia a la compresión de la probeta dividiendo la carga máxima entre el área promedio de la sección, expresar el resultado con aproximación a 0.1 MPa.

Si la relación de la longitud de la probeta ante su diámetro es menor o igual a 1.75, corregir el resultado obtenido aplicando factores de corrección.

### 3.7.3.6 Traslucidez

El ensayo se basará de acuerdo con la tesis de Cadavid Restrepo (2013) titulada "CONCRETO TRANSLUCIDO: ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE LA FABRICACIÓN DE PANELES DE CONCRETO CON FIBRA ÓPTICA Y SUS APLICACIONES CON LA ARQUITECTURA".

Este ensayo consiste en colocar probetas cúbicas sobre una caja cuya entrada de luz sea a través de la probeta, y medir la cantidad de luz presente en el interior de la caja. Los pasos para tener en cuenta en este ensayo son:

- Los ensayos se realizan durante un periodo de tres días, en las horas: 9:00 a.m., 1:00 p.m. y 5:00 p.m.
- Para medir la intensidad luminosa se utiliza un luxómetro digital con precisión de 0.01 lux.
- Registrar la máxima intensidad de luz en el interior de la caja.
- Calcular la variación en porcentaje con respecto a la probeta patrón, con una precisión de 0.1%.

### 3.7.4 Análisis de datos

#### 3.7.4.1 Resistencia a la compresión

Para el ensayo se usaron probetas cilíndricas de 4" x 8". Los ensayos se dieron a las edades de 7, 28 y 56 días, se ensayaron 05 probetas en cada edad con el fin de obtener la carga máxima y calcular el máximo esfuerzo a la compresión. La toma de datos se dio cuando la probeta presentaba fisuras y la carga decrece.

### Resistencia a la compresión del concreto patrón

*Tabla 8: Resistencia a la compresión del concreto patrón*

Edad	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )				
7 días	156.13	146.32	160.90	135.74	168.93
28 días	227.33	226.12	197.76	228.75	186.32
56 días	267.27	302.05	235.02	299.52	232.49

### Resistencia a la compresión del concreto con 25 % de cuarzo

*Tabla 9: Resistencia a la compresión del concreto con 25% de cuarzo*

Edad	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )				
7 días	173.52	161.06	173.89	153.18	175.73
28 días	248.29	214.96	224.92	260.72	265.21
56 días	266.27	262.72	266.18	244.05	236.38

### Resistencia a la compresión del concreto con 50 % de cuarzo

*Tabla 10: Resistencia a la compresión del concreto con 50% de cuarzo*

Edad	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )				
7 días	110.90	122.81	123.63	114.51	144.28
28 días	152.62	230.33	167.11	208.49	180.46
56 días	210.79	197.15	203.08	227.25	237.55

### Resistencia a la compresión del concreto con 100 % de cuarzo

*Tabla 11: Resistencia a la compresión del concreto con 100% de cuarzo*

Edad	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )				
7 días	102.51	99.99	108.54	97.92	112.35
28 días	203.90	211.30	209.12	196.06	192.55
56 días	197.62	233.85	225.03	204.74	213.18

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la prueba se considerarán como hipótesis:

- **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** el reemplazo del cuarzo en el agregado del concreto no influye positivamente en su resistencia a la compresión.
- **Hipótesis Alterna ( $H_a$ ):** el reemplazo del cuarzo en el agregado del concreto aumenta su resistencia a la compresión.
- **Nivel de Significancia:** para toda probabilidad igual o menor que  $p=0.05$ , se acepta  $H_a$  y se rechaza  $H_0$ .

A los 7 días de curado:

**Tabla 12:** Resistencia a la compresión promedio a los 7 días

GRUPO	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )				
<b>C. Patrón</b>	156.13	146.32	160.90	135.74	168.93
<b>C. 25%</b>	173.52	161.06	173.89	153.18	175.73
<b>C. 50%</b>	110.90	122.81	123.63	114.51	144.28
<b>C. 100%</b>	102.51	99.99	108.54	97.92	112.35

**Tabla 13:** Análisis estadístico de resistencia a la compresión

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	.146	20	.200	.911	20	.067

### ANOVA

**Tabla 14:** ANOVA de resistencia a la compresión

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio
PATRON	5	768.02	153.60
CUARZO 25%	5	837.38	167.48
CUARZO 50%	5	616.13	123.23
CUARZO 100%	5	521.31	104.26

**Tabla 15:** ANOVA de resistencia a la compresión

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	12329.49	3	4109.83	35.075	0.000000289	3.239
Dentro de los grupos	1874.78	16	117.17			

El valor F calculado es mayor al valor F crítico.

A los 28 días de curado:

**Tabla 16:** Resistencia a la compresión promedio a los 28 días

GRUPO	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )				
<b>C. Patrón</b>	227.33	226.12	197.76	228.75	186.32
<b>C. 25%</b>	248.29	214.96	224.92	260.72	265.21
<b>C. 50%</b>	152.62	230.33	167.11	208.49	180.46
<b>C. 100%</b>	203.90	211.30	209.12	196.06	192.55



**Tabla 17:** *Análisis estadístico de resistencia a la compresión*

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	.109	20	.200	.983	20	.031

### **ANOVA**

**Tabla 18:** *ANOVA de resistencia a la compresión*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio
PATRON	5	1066.28	213.26
CUARZO 25%	5	1214.1	242.82
CUARZO 50%	5	939.01	187.80
CUARZO 100%	5	1012.93	202.59

**Tabla 19:** *ANOVA de resistencia a la compresión*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	8125.13	3	2708.38	5.600	0.008045903	3.239
Dentro de los grupos	7737.66	16	483.60			

El valor F calculado es mayor al valor F crítico.

**A los 56 días de curado:**

**Tabla 20:** *Resistencia a la compresión promedio a los 56 días*

GRUPO	Resistencia a la Compresión (kg/cm2)				
<b>C. Patrón</b>	267.27	302.05	235.02	299.52	232.49
<b>C. 25%</b>	266.27	262.72	266.18	244.05	236.38
<b>C. 50%</b>	210.79	197.15	203.08	227.25	237.55
<b>C. 100%</b>	197.62	233.85	225.03	204.74	213.18

**Tabla 21:** *Análisis estadístico de resistencia a la compresión*

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	.157	20	.200	.930	20	.153

### ANOVA

**Tabla 22:** ANOVA de resistencia a la compresión

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio
PATRON	5	1336.35	267.27
CUARZO 25%	5	1275.57	255.11
CUARZO 50%	5	1075.82	215.16
CUARZO 100%	5	1074.42	214.88

**Tabla 23:** ANOVA de resistencia a la compresión

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	11027.04	3	3675.68	8.078	0.001678116	3.239
Dentro de los grupos	7280.26	16	455.02			

El valor F calculado es mayor al valor F crítico.

#### 3.7.4.2 Translucidez

Para el ensayo se usaron probetas cúbicas de 10cm x 10cm x 10cm. Los ensayos se realizaron a las 9:00 am, 1:00 pm y 5:00 pm, se ensayaron 03 probetas cada día durante 5 días con el fin de obtener la cantidad de luz natural en el paso del día.

#### Translucidez del concreto patrón:

**Tabla 24** Translucidez del concreto patrón

Intensidad Luminosa (lux)						
Hora	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	PROMEDIO
09:00	0.30	0.29	0.32	0.30	0.32	0.31
01:00	1.17	1.03	1.15	0.97	1.06	1.08
05:00	0.18	0.17	0.12	0.18	0.18	0.17

#### Translucidez del concreto con 25% de cuarzo:

**Tabla 25** Translucidez del concreto con 25% de cuarzo

Intensidad Luminosa (lux)						
Hora	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	PROMEDIO
09:00	0.32	0.31	0.33	0.30	0.33	0.32
01:00	1.18	1.09	1.18	1.00	1.10	1.11
05:00	0.19	0.18	0.12	0.18	0.19	0.17

**Translucidez del concreto con 50% de cuarzo:**

**Tabla 26** Translucidez del concreto con 50% de cuarzo

Hora	Intensidad Luminosa (lux)					PROMEDIO
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	
09:00	0.33	0.31	0.33	0.31	0.33	0.32
01:00	1.21	1.11	1.22	1.03	1.12	1.14
05:00	0.19	0.18	0.13	0.18	0.19	0.17

**Translucidez del concreto con 100% de cuarzo:**

**Tabla 27** Translucidez del concreto con 100% de cuarzo

Hora	Intensidad Luminosa (lux)					PROMEDIO
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	
09:00	0.33	0.33	0.34	0.32	0.34	0.33
01:00	1.23	1.13	1.24	1.08	1.15	1.17
05:00	0.19	0.19	0.14	0.19	0.19	0.18

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para la prueba se considerarán como hipótesis:

- **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** el reemplazo del cuarzo en el agregado del concreto no influye positivamente en su resistencia a la compresión.
- **Hipótesis Alterna ( $H_a$ ):** el reemplazo del cuarzo en el agregado del concreto aumenta su resistencia a la compresión.
- **Nivel de Significancia:** para toda probabilidad igual o menor que  $p=0.05$ , se acepta  $H_a$  y se rechaza  $H_0$ .

**A las 9:00 am:**

**Tabla 28** Translucidez del concreto a las 9:00 am

Muestra	Intensidad Luminosa (lux)				
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
C. PATRÓN	0.30	0.29	0.32	0.30	0.32
C. 25%	0.32	0.31	0.33	0.30	0.33
C. 50%	0.33	0.31	0.33	0.31	0.33
C. 100%	0.33	0.33	0.34	0.32	0.34

**Tabla 29:** Análisis estadístico de translucidez a las 9:00 am

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	.218	20	.013	.914	20	.076

### ANOVA

**Tabla 30:** ANOVA de translucidez a las 9:00 am

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio
PATRON	5	1.53	0.31
CUARZO 25%	5	1.59	0.32
CUARZO 50%	5	1.61	0.32
CUARZO 100%	5	1.66	0.33

**Tabla 31:** ANOVA translucidez a las 9:00 am

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.001735	3	0.000578	4.284	0.02123466	3.239
Dentro de los grupos	0.002160	16	0.000135			

El valor F calculado es mayor al valor F crítico.

**A la 1:00 pm:**

**Tabla 32** Translucidez del concreto a la 1:00 pm

Muestra	Intensidad Luminosa (lux)				
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
<b>C. PATRÓN</b>	1.17	1.03	1.15	0.97	1.06
<b>C. 25%</b>	1.18	1.09	1.18	1.00	1.10
<b>C. 50%</b>	1.21	1.11	1.22	1.03	1.12
<b>C. 100%</b>	1.23	1.13	1.24	1.08	1.15

**Tabla 33:** Análisis estadístico de translucidez a la 1:00 pm

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	.088	20	.200	.969	20	.074

### ANOVA

**Tabla 34:** ANOVA de translucidez a la 1:00 pm

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio
PATRON	5	5.38	1.08
CUARZO 25%	5	5.55	1.11
CUARZO 50%	5	5.69	1.14
CUARZO 100%	5	5.83	1.17

**Tabla 35: ANOVA translucidez a la 1:00 pm**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.02226	3	0.00742	1.269	0.3184709	3.239
Dentro de los grupos	0.09352	16	0.00585			

El valor F calculado es menor al valor F crítico.

**A las 5:00 pm:**

**Tabla 36 Translucidez del concreto a las 5:00 pm**

Muestra	Intensidad Luminosa (lux)				
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
<b>C. PATRÓN</b>	0.18	0.17	0.12	0.18	0.18
<b>C. 25%</b>	0.19	0.18	0.12	0.18	0.19
<b>C. 50%</b>	0.19	0.18	0.13	0.18	0.19
<b>C. 100%</b>	0.19	0.19	0.14	0.19	0.19

**Tabla 37: Análisis estadístico de translucidez a las 5:00 pm**

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	.363	20	.000	.688	20	.000

### **ANOVA**

**Tabla 38: ANOVA de translucidez a las 5:00 pm**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio
PATRON	5	0.83	0.17
CUARZO 25%	5	0.86	0.17
CUARZO 50%	5	0.87	0.17
CUARZO 100%	5	0.90	0.18

**Tabla 39: ANOVA translucidez a las 5:00 pm**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.000500	3	0.000167	0.249	0.86102422	3.239
Dentro de los grupos	0.010720	16	0.000670			

El valor F calculado es mayor al valor F crítico.

## CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE TESIS

### GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (NTP.400.012):

#### **Análisis granulométrico del agregado fino (NTP.400.012):**

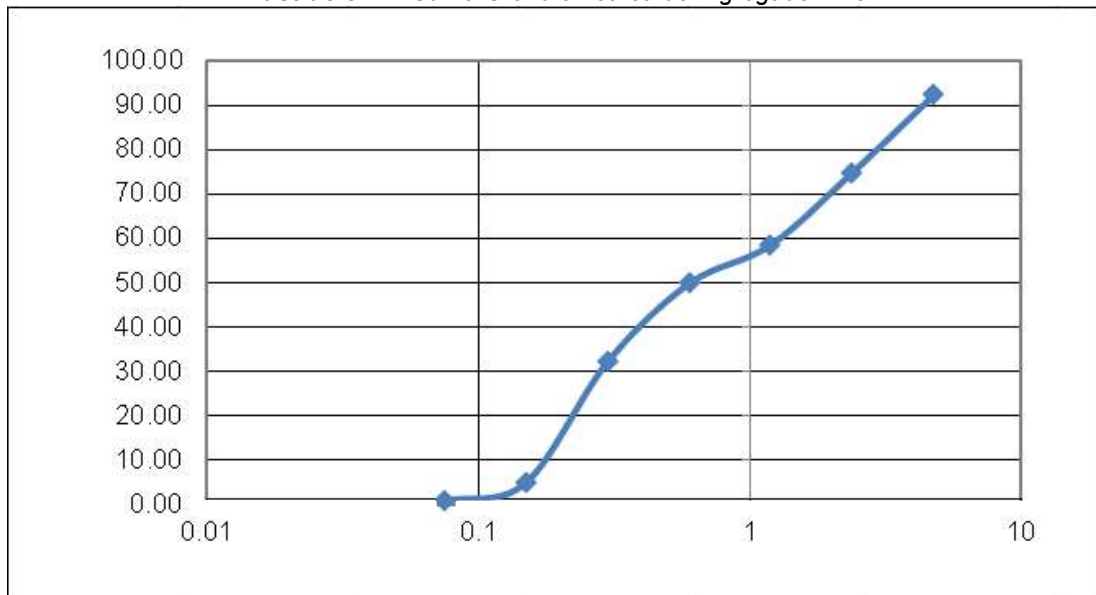
El procedimiento se llevó a cabo siguiendo lo descrito en las normas el cual fue el que se presenta a continuación:

- i. La muestra se llevó a secado en horno hasta peso constante a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ii. Se pesó de la muestra designada, la cual en este ensayo fue de 500 gramos (tomando en cuenta que cumple con los 300 gramos mínimos que se indica en la norma).
- iii. Se utilizaron tamices de los siguientes tamaños: 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y el fondo, ordenándolos de manera decreciente, como es recomendado en la NPT 400.012.
- iv. Posteriormente, se llevó a cabo el tamizado el cual separó la muestra en fracciones y se cuidó de no desperdiciar material.
- v. Después, se llevó a cabo el pesado del material en cada tamiz aproximando al 0.1 % más cercano,
- vi. Como último paso, la masa total del material antes del tamizado fue verificada con las masas de las muestras obtenidas sobre cada tamiz; el cuál se verificó que no varié más de 3%.

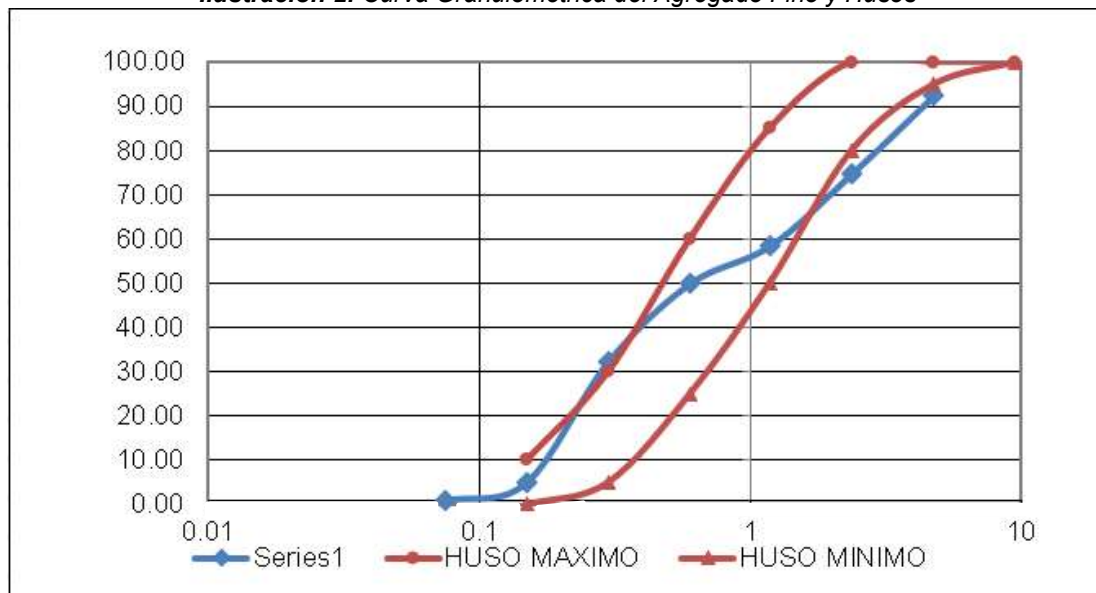
**Tabla 40:** Análisis Granulométrico del Agregado Fino

N° de Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Retenido Acumulado (%)	Peso pasante acumulado (%)
4	4.75	47.2	9.44	9.44	90.56
8	2.36	91.1	18.23	27.67	72.33
16	1.19	65.47	13.10	40.77	59.23
30	0.6	39.37	7.88	48.64	51.36
50	0.3	46.13	9.23	57.87	42.13
100	0.15	186.20	37.25	95.13	4.87
200	0.075	20.07	4.01	99.14	0.86
Residuo	bajo #200	4.3	0.86	100.00	0

**Ilustración 1:** Curva Granulométrica del Agregado Fino



**Ilustración 2:** Curva Granulométrica del Agregado Fino y Husos



#### Módulo de Finura.

El módulo de finura, el cual corresponde al Agregado Fino calculado fue de:

**MF:** 2.80; este valor está dentro en el rango admisible:  $2.3 < MF < 3.1$ ; (según NTP 400.037)

### **Análisis granulométrico del agregado grueso (NTP.400.012):**

El procedimiento se llevó a cabo siguiendo lo descrito en las normas el cual fue el que se presenta a continuación:

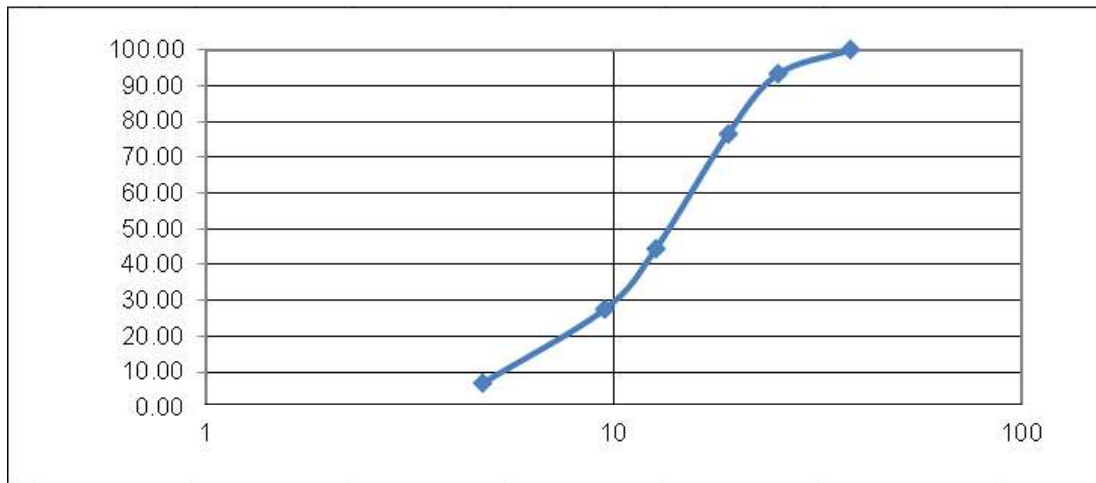
- i. Para el caso del cuarzo el material se tuvo que triturar con un mazo, hasta que las partículas consiguieran un tamaño de nominal igual que el de la piedra.
- ii. La muestra se secó en horno hasta peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- iii. Se designó el peso de la muestra, que para este ensayo fue de 2900 gramos (tomando en cuenta que cumple con los 2000 gramos mínimos que se indica en la norma).
- iv. Se hizo uso de los tamices de los siguientes tamaños: 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N° 4, N° 8 y fondo, encajándolos en orden decreciente, como se recomienda en la NPT 400.012.
- v. Luego, se realizó el tamizado separando la muestra en fracciones y cuidando desperdiciar material.
- vi. Después, se pesó la masa retenida en cada tamiz aproximando al 0.1 % más cercano,
- vii. Por último, la masa total del material antes del tamizado se verificó con las masas de las muestras obtenidas sobre cada tamiz; para verificar que no varíen en más del 3%

**Tabla 41:** *Análisis Granulométrico del Agregado Grueso*

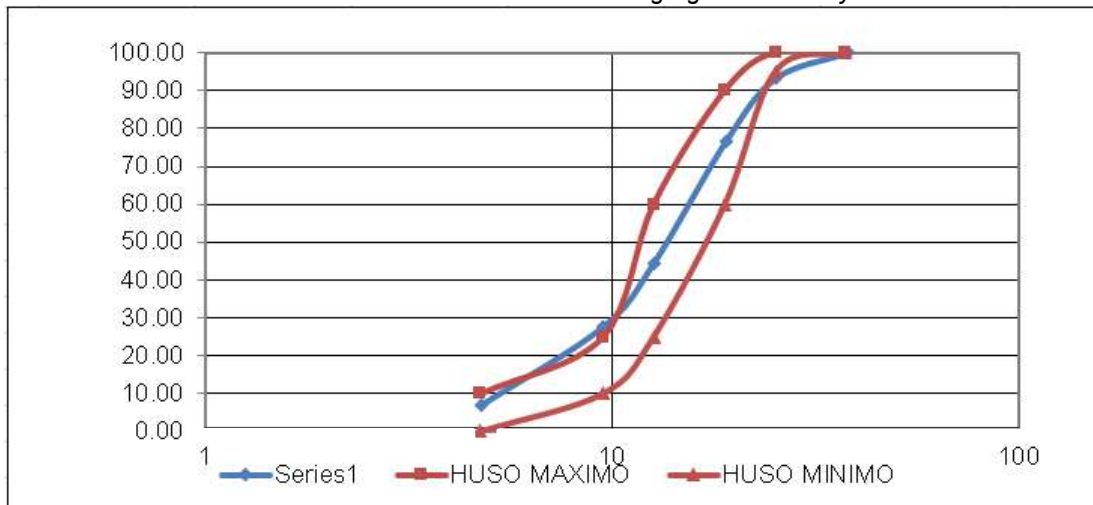
N° de Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Retenido Acumulado (%)	Peso pasante acumulado (%)
1 ½"	37.5	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	189.7	6.72	6.72	93.28
¾"	19.1	475.7	16.85	23.56	76.44
½"	12.7	907.0	32.12	55.68	44.32
3/8"	9.52	473.7	16.77	72.46	27.54
#4	4.76	586.2	20.76	93.21	6.79
Residuo	bajo #4	191.7	6.79	100.00	0.00



**Ilustración 3:** Curva Granulométrica del Agregado Grueso



**Ilustración 4:** Curva Granulométrica del Agregado Grueso y Husos



**Tamaño Máximo y Tamaño Máximo Nominal.**

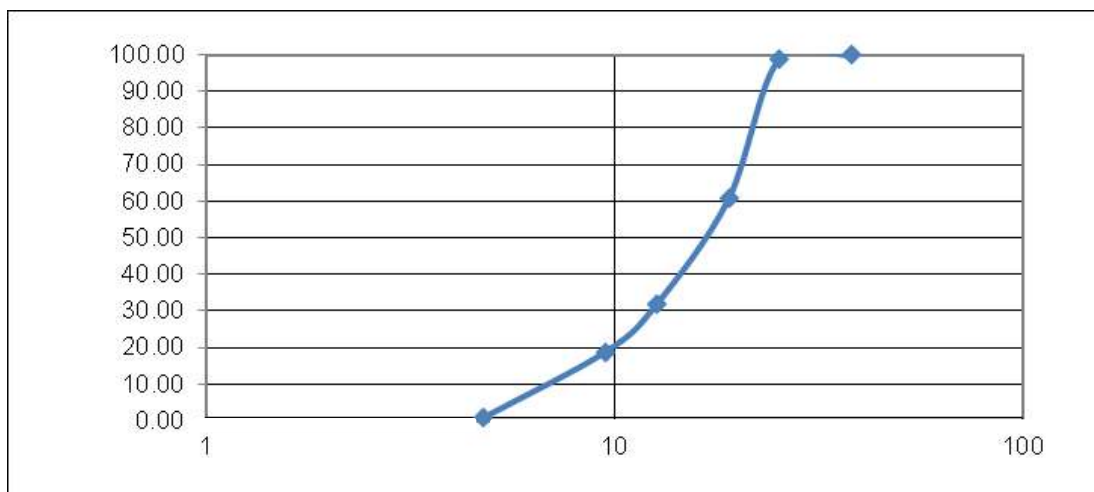
El Tamaño Máximo que corresponde al Agregado Grueso fue: 1 1/2".

El Tamaño Máximo Nominal, que corresponde al Agregado Grueso fue de: 1".

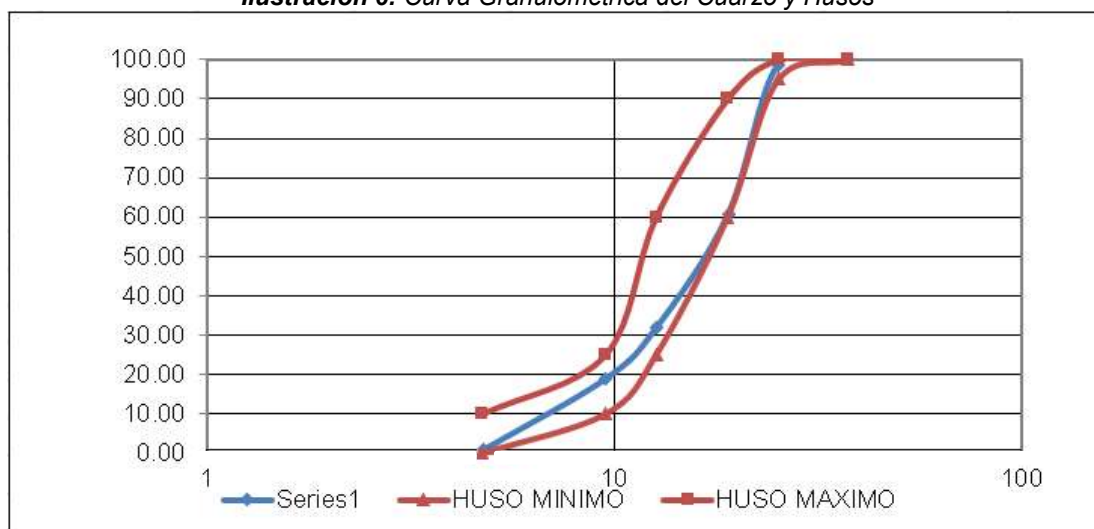
**Tabla 42: Análisis Granulométrico del Cuarzo**

Nº de Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Retenido Acumulado (%)	Peso pasante acumulado (%)
1 1/2	37.5	0.0	0.00	0.00	100.00
1	25.4	38.7	1.29	1.29	98.71
3/4	19.1	1144.3	38.14	39.42	60.58
1/2	12.7	865.0	28.83	68.25	31.75
3/8	9.52	388.0	12.93	81.18	18.82
4	4.76	542.7	18.08	99.27	0.73
Residuo	bajo #4	22.0	0.73	100.00	0.00

**Ilustración 5: Curva Granulométrica del Cuarzo**



**Ilustración 6: Curva Granulométrica del Cuarzo y Husos**



### Tamaño Máximo y Tamaño Máximo Nominal.

El Tamaño Máximo que corresponde al Agregado Grueso fue: 1 1/2".

El Tamaño Máximo Nominal, que corresponde al Agregado Grueso fue de: 1".

### **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP.400.021):**

El procedimiento que se siguió según las normas descritas fue el siguiente:

- i. Se mezcló el agregado, además se redujo por medio de cuarteo la cantidad aproximada necesaria para el uso de los procedimientos aplicables según la norma.
- ii. Se descartó una pequeña parte de la muestra del material que pasó por el tamiz N°4, el cual se lavó, buscando así poder remover todo el polvo y las impurezas,
- iii. Se designó el peso de la muestra que, para esta ocasión, el cual fue de un valor aproximado de 3000 gramos (teniendo en cuenta que cumpla con los 2000 gramos mínimos que se indica en la norma).
- iv. Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  (aproximadamente por un periodo de 24 horas).
- v. Luego se sacó la muestra del horno y se ventiló por aproximadamente 2 horas, para después sumergir en agua a una temperatura ambiente en un periodo de 24 horas  $\pm 4$  horas.
- vi. Luego se sacó el material del agua y se secó con paños de tela absorbente hasta que se elimine toda el agua visible, para después pesarla y registrarla con el nombre de saturada superficialmente seca (Psss).
- vii. Luego, se colocó la muestra en una cesta con alambre ubicada en el laboratorio de la universidad de manera que se pueda determinar el peso sumergido del material (Psum).
- viii. Por último, se dejó la muestra en el horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  (aproximadamente por un periodo de 24 horas), para su posterior medición en una balanza electrónica (Pseco).

**Tabla 43: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
<b>Peso muestra seca (gr)</b>	3000	3025	3025
<b>Peso muestra sss (gr)</b>	3021	3042	3047
<b>Peso muestra sumergida (gr)</b>	1849	1869	1861
<b>Absorción %</b>	0.70	0.56	0.73

**Tabla 44: Peso Específico y Absorción del Cuarzo**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
<b>Peso muestra seca (gr)</b>	3000	3000	3000
<b>Peso muestra sss (gr)</b>	3005	3007	3005
<b>Peso muestra sumergida (gr)</b>	1821	1824	1822
<b>Absorción %</b>	0.17	0.23	0.17

### **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP.400.022):**

El procedimiento que se siguió según las normas descritas fue el siguiente:

- i. Se mezcló el agregado y se redujo por cuarteo a la cantidad aproximada necesaria para el uso de los procedimientos aplicables según la norma.
- ii. Se secó la muestra en horno hasta peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (aproximadamente por un periodo de 24 horas).
- iii. Luego de sacar del horno, se sumergió en agua a una temperatura ambiente en un periodo de tiempo de 24 horas  $\pm 4$  horas.
- iv. Después, se eliminó el agua, teniendo cuidado de no perder muestra de material en el proceso y se llevó el agregado a una cocina pequeña hasta que la muestra obtenga un secado superficial.
- v. Una vez secada la superficie, se puso una porción de muestra en el cono de ensayo en tres capas, cada 1/3 del volumen, se compactó con 25 golpes por cada capa.
- vi. Si cuando se precede a quitar el cono se derrumbó 1/3 de la parte de encima como máximo, se consiguió la condición de Saturada Superficialmente Seca en la muestra.
- vii. Después, se redujo una parte de la misma muestra hasta 500 gramos y se introdujo en un picnómetro.
- viii. Luego, se llenó picnómetro con agua hasta la marca de 500 cm<sup>3</sup> y se agitó para eliminar las burbujas por aproximadamente 20 minutos.
- ix. Después de realizar ese paso, se llenó el picnómetro con agua hasta la marca de calibración.
- x. Luego, se pesó el picnómetro lleno hasta la marca de calibración con agua y agregado y se dejó el agregado fino asentar durante 24 horas.
- xi. Se retiró el agregado fino del picnómetro y se dejó secando en el horno a peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (aproximadamente por un periodo de 24 horas).
- xii. Por último, se sacó la muestra de agregado fino del horno y se determinó el peso en una balanza electrónica.

***Tabla 45: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino***

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
<b>Peso muestra seca (gr)</b>	495.7	494.9	498.4
<b>Peso picnómetro + agua (gr)</b>	669.7	660.5	669.9
<b>Peso picnómetro + agua + muestra (gr)</b>	977.9	971.9	982.7
<b>Peso muestra sss</b>	500.0	500.0	500.0
<b>Absorción %</b>	0.70	0.56	0.73

### **CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (NTP.339.185):**

#### **Contenido de humedad del agregado grueso (NTP.339.185):**

El procedimiento que se siguió según las normas descritas fue el siguiente:

- i. Se designó el peso de la muestra, que para esta ocasión fue de 3000 gramos en promedio.

- ii. Se colocó la muestra en un recipiente metálico y se pesó en una balanza electrónica con precisión a 0.1 gr.
- iii. Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (aproximadamente por un periodo de 24 horas).
- iv. Luego que la muestra tenga un peso constante, se pesó en una balanza con precisión a 0.1 gr.
- v. Por último, se calculó el contenido de humedad con la formula indicada en la norma técnica.

**Tabla 46: Contenido de Humedad del Agregado Grueso**

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
<b>Peso recipiente + muestra al aire (gr)</b>	3334	3051	3328
<b>Peso muestra al aire (gr)</b>	3197	2916	3059
<b>Peso recipiente + muestra seca (gr)</b>	3306	3028	3302
<b>Peso muestra seca (gr)</b>	3169	2893	3033
<b>%humedad</b>	0.88	0.8	0.86
<b>% humedad promedio</b>		0.85	

**Tabla 47: Contenido de Humedad del Cuarzo**

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
<b>Peso recipiente + muestra al aire (gr)</b>	3907	3319	3135
<b>Peso muestra al aire (gr)</b>	3000	3000	3000
<b>Peso recipiente + muestra seca (gr)</b>	3902	3317	3132
<b>Peso muestra seca (gr)</b>	2995	2998	2997
<b>%humedad</b>	0.17	0.07	0.10
<b>% humedad promedio</b>		0.11	

**Contenido de humedad del agregado fino (NTP.339.185):**

El procedimiento que se siguió según las normas descritas fue el siguiente:

- i. Se designó el peso de la muestra, que para esta ocasión fue de 500 gramos en promedio.
- ii. Se colocó la muestra en un recipiente metálico y se pesó en una balanza electrónica con precisión a 0.1 gr.
- iii. Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (aproximadamente por un periodo de 24 horas).
- iv. Luego que la muestra tenga un peso constante, se pesó en una balanza con precisión a 0.1 gr.
- v. Por último, se calculó el contenido de humedad con la formula indicada en la norma técnica.

**Tabla 48: Contenido de Humedad del Agregado Fino**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
<b>Peso recipiente + muestra al aire (gr)</b>	768	768	768
<b>Peso muestra al aire (gr)</b>	500	500	500
<b>Peso recipiente + muestra seca (gr)</b>	762.9	763.4	763.1
<b>Peso muestra seca (gr)</b>	494.9	495.4	495.1
<b>%humedad</b>	1.03	0.93	0.99
<b>% humedad promedio</b>		0.98	

**PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (NTP.400.017):**

**Peso unitario seco suelto del agregado grueso (NTP.400.017):**

El procedimiento que se siguió según las normas descritas fue usado de la misma manera para el cuarzo, el cual fue el siguiente:

- Se tomó una cantidad de material cuarteado previamente.
- Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por un periodo aproximado de 24 horas.
- Se pesó el recipiente vacío.
- Se llenó el recipiente con un cucharón hasta que rebose el material.
- Se enrazó el agregado sobrante con una varilla.
- Se pesó el material más el recipiente para obtener así el peso seco suelto del agregado.

**Tabla 49: Peso Unitario Seco Suelto del Agregado Grueso**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
<b>Peso recipiente (gr)</b>	5328	5328	5328
<b>Peso recipiente + muestra (gr)</b>	26916	26570	27128
<b>Peso muestra (gr)</b>	21588	21242	21800
<b>Vol. Cilindro (m3)</b>		0.01412	
<b>PUSC</b>	1530	1500	1540
<b>PROMEDIO</b>		1520	

**Tabla 50: Peso Unitario Seco suelto del Cuarzo**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
<b>Peso recipiente (gr)</b>	5328	5328	5328
<b>Peso recipiente + muestra (gr)</b>	25576	25100	25050
<b>Peso muestra (gr)</b>	20248	19772	19722
<b>Vol. Cilindro (m3)</b>		0.01412	
<b>PUSC</b>	1430	1400	1400
<b>PROMEDIO</b>		1410	

**Tabla 51: Peso Unitario Seco suelto del Agregado Fino**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
<b>Peso recipiente (gr)</b>	5328	5328	5328
<b>Peso recipiente + muestra (gr)</b>	31030	30938	30934
<b>Peso muestra (gr)</b>	25702	25610	25606
<b>Vol. Cilindro (m3)</b>		0.01412	
<b>PUS</b>	1820	1810	1810
<b>PROMEDIO</b>		1810	

**Peso unitario seco compactado del agregado grueso (NTP.400.017):**

El procedimiento que se siguió según las normas descritas fue usado de la misma manera para el cuarzo, el cual fue el siguiente:

- Se tomó una cantidad de material cuarteado previamente.
- Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por un periodo aproximado de 24 horas.
- Se pesó el recipiente vacío.
- Se llenó el recipiente con el material en tres partes, compactando al término de cada una, chuzando con una varilla 25 veces de manera uniforme.
- Se enrazó el agregado sobrante con una varilla.
- Se pesó el material más el recipiente para obtener así el peso seco compactado del agregado

**Tabla 52: Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Grueso**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
<b>Peso recipiente (gr)</b>	5328	5328	5328
<b>Peso recipiente + muestra (gr)</b>	28070	27984	28148
<b>Peso muestra (gr)</b>	22742	22656	22820
<b>Vol. Cilindro (m3)</b>		0.01412	
<b>PUS</b>	1610	1600	1620
<b>PROMEDIO</b>		1610	

**Tabla 53: Peso Unitario Seco compactado del Cuarzo**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
<b>Peso recipiente (gr)</b>	5328	5328	5328
<b>Peso recipiente + muestra (gr)</b>	26154	26148	26186
<b>Peso muestra (gr)</b>	20826	20820	20858
<b>Vol. Cilindro (m3)</b>		0.01412	
<b>PUSC</b>	1470	1470	1480
<b>PROMEDIO</b>		1470	

**Tabla 54: Peso Unitario Seco compactado del Agregado Fino**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso recipiente (gr)	5328	5328	5328
Peso recipiente + muestra (gr)	31654	31796	31812
Peso muestra (gr)	26326	26468	26484
Vol. Cilindro (m3)		0.01412	
PUSC	1860	1870	1880
PROMEDIO		1870	

**DISEÑO DE MEZCLA (ACI .211):**

**a) SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO CONSIDERANDO LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DESEADA.**

Para este proyecto de investigación, se seleccionó una resistencia a la compresión de 210  $kg/cm^2$ , debido a que es el valor más usado para el diseño de viviendas de concreto armado; todo esto teniendo en cuenta que el proyecto de investigación se basa en la aplicación del concreto translucido para elementos estructurales no portantes de una vivienda (tabiquería).

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Luego, se aplica la siguiente tabla para obtener la resistencia a la compresión requerida:

**Ilustración 7: Selección de la Resistencia a la Compresión**

Resistencia a compresión especificada, $f'_c$ , $kg/cm^2$	Resistencia a compresión media requerida, $kg/cm^2$
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Más de 350	$1.10 f'_c + 50$

**Fuente: ACI. 211**

$$f'_{c_{req}} = 210 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{c_{req}} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

**b) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO.**

Para este caso, se tomó un valor de asentamiento promedio para un muro de concreto armado, el cual generalmente varía entre 2" y 4"; por eso el valor asignado fue de 3" para obtener los resultados según las tablas indicadas en el ACI.

$$SLUMP = 3''$$



**c) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO.**

Se tomará como tamaño máximo nominal el calculado en análisis granulométrico del agregado grueso. Este valor fue de 1".

TMN = 1"

**d) SELECCIÓN DE LA CANTIDAD DE AGUA EN KG/M3 DE CONCRETO.**

Se designó la cantidad de agua por metro cúbico según la tabla indicada por el ACI 211.

Para ello, se considerará concreto sin aire incluido en el diseño.

*Ilustración 8: Selección de la relación a/c o a/mc.*

Revenimiento (asentamiento) (mm)	Agua, kilogramos por metro cúbico de concreto, para los tamaños de agregado indicados*							
	% pulg.	% pulg.	% pulg.	1 pulg.	1½ pulg.	2 pulg.**	3 pulg.**	6 pulg.**
<b>Concreto sin aire incluido</b>								
1" a 2" 25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4" 75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7" 150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido, porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>Concreto con aire incluido</b>								
1" a 2" 25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4" 75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7" 150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Promedio del contenido de aire total recomendado, para el nivel de exposición, porcentaje†								
Exposición leve	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

*Fuente: ACI- 211*

TMN ya conocido = 1"

Asentamiento ya conocido = 3"

Considerando los datos anteriores, se designará la cantidad de agua en 193 kg/m³.

**e) SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO, EN PORCENTAJE.**

Con los mismos datos que en el paso anterior, se determinó como cantidad aproximada de aire atrapado en el concreto 1.5 %.

**f) SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C.**

Se aplicó la siguiente tabla:

**Ilustración 9:** Selección de la relación a/c o a/mc.

Resistencia a Compresión a los 28 Días, kg/cm <sup>2</sup> (MPa)	Relación agua-material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450 (45)	0.38	0.31
400 (40)	0.43	0.34
350 (35)	0.48	0.40
300 (30)	0.55	0.46
250 (25)	0.62	0.53
200 (20)	0.70	0.61
150 (15)	0.80	0.72

**Fuente:** ACI. 211

Se tomaron los valores de la tabla (considerando que  $f'_{c_{req}} = 294 \text{ kg/cm}^2$ ) y se interpoló:

$$a/c = 0.62 - \frac{0.62 - 0.55}{250 - 300} * (250 - 294)$$

$$a/c = 0.558$$

**Por lo tanto, la relación a/c=0.558**

#### g) CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO.

Una vez obtenida la relación a/c y el valor del agua, se calcula el peso del cemento en  $\text{kg/m}^3$

$$\text{Cemento} = \frac{\text{agua}}{(a/c)}$$

$$\text{Cemento} = \frac{193}{0.558}$$

$$\text{Cemento} = 346 \text{ kg/m}^3$$

#### h) DETERMINACIÓN DE LA SUMA DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS.

Se calculó el volumen absoluto del cemento, agua y del aire atrapado en el concreto, especificados en la siguiente tabla:

**Tabla 55:** Determinación de la suma de los volúmenes absolutos

Materiales	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cemento Blanco	0.1098
Agua	0.1930
Arena	-
Piedra	-
Aire (1.5%)	0.0150
Volumen total	0.3178
Volumen faltante	0.6822

i) **CÁLCULO DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO.**

Se calculó el agregado grueso aplicando la siguiente tabla descrita por el comité del ACI 211:

**Ilustración 10:** Cálculo del Contenido de Agregado Grueso

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg.)	Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino*			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8)	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2)	0.59	0.57	0.55	0.53
19.00 (3/4)	0.66	0.64	0.62	0.60
25.00 (1)	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 1/2)	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2)	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3)	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6)	0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** ACI. 211

Tomando en cuenta el MF= 2.80 y el TMN= 1"

- Factor AG= 0.67

Peso seco AG = PUSC (AG) x Factor AG

Peso seco AG = 1,610 x 0.67

Peso seco AG = 1079 kg/m<sup>3</sup>

- Factor Cuarzo= 0.67

Peso seco Cuarzo = PUSC (Cuarzo) x Factor Cuarzo

Peso seco Cuarzo = 1,470 x 0.67

Peso seco Cuarzo = 985 kg/m<sup>3</sup>

**j) CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO.**

- $\text{Volumen AG} = \frac{\text{Peso seco AG}}{\text{PeM AG}}$

$$\text{Volumen AG} = \frac{1079 \text{ kg/m}^3}{2560 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Volumen AG} = 0.4214 \text{ m}^3$$

- $\text{Volumen Cuarzo} = \frac{\text{Peso seco Cuarzo}}{\text{PeM Cuarzo}}$

$$\text{Volumen Cuarzo} = \frac{985 \text{ kg/m}^3}{2540 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Volumen Cuarzo} = 0.3878 \text{ m}^3$$

**k) CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO.**

- $\text{Volumen AF} = 0.6822 \text{ m}^3 - 0.4214 \text{ m}^3$

$$\text{Volumen AF} = 0.2608 \text{ m}^3$$

- $\text{Volumen AF} = 0.6822 \text{ m}^3 - 0.3878 \text{ m}^3$

$$\text{Volumen AF} = 0.2944 \text{ m}^3$$

**l) CÁLCULO DEL CONTENIDO DE AGREGADO FINO.**

- $\text{Peso seco AF} = \text{PeM} \times \text{Volumen AF}$

$$\text{Peso seco AF} = 2620 \times 0.2608$$

$$\text{Peso seco AF} = 684 \text{ kg/m}^3$$

- $\text{Peso seco AF} = \text{PeM} \times \text{Volumen AF}$

$$\text{Peso seco AF} = 2620 \times 0.2944$$

$$\text{Peso seco AF} = 772 \text{ kg/m}^3$$

**m) CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS.**

*Tabla 56: Corrección por absorción de los agregados.*

Materiales	P. seco (kg/m <sup>3</sup> )	% Absorción	Corrección por % Absorción	Peso SSS (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento Blanco	346			346
Agua	193			193
Arena	684	0.70	$684 \times (1+0.70/100)$	689
Piedra	1079	0.70	$1079 \times (1+0.70/100)$	1087
Aire (1.5%)	-			-
<b>TOTAL</b>	<b>2302</b>			<b>2315</b>

*Tabla 57: Corrección por humedad de los agregados.*

Materiales	P. seco (kg/m <sup>3</sup> )	% Humedad	Corrección por % Humedad	Peso húmedo (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento Blanco	346			346
Agua	193			197
Arena	689	0.98	$684 \times ((0.70-0.98)/100)$	687
Piedra	1087	0.85	$1079 \times ((0.70-0.85)/100)$	1085
Aire (2.5%)	-			-
<b>TOTAL</b>	<b>2315</b>			<b>2315</b>

*Tabla 58: Corrección por absorción de los agregados.*

Materiales	P. seco (kg/m <sup>3</sup> )	% Absorción	Corrección por % Absorción	Peso SSS (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento Blanco	346			346
Agua	193			193
Arena	772	0.70	$772 \times (1+0.70/100)$	778
Cuarzo	985	0.20	$985 \times (1+0.20/100)$	987
Aire (1.5%)	-			-
<b>TOTAL</b>	<b>2296</b>			<b>2304</b>

*Tabla 59: Corrección por humedad de los agregados.*

Materiales	P. seco (kg/m <sup>3</sup> )	% Humedad	Corrección por % Humedad	Peso húmedo (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento Blanco	346		-2.16	346
Agua	193		0.89	194
Arena	778	0.98	$772 \times ((0.70-0.98)/100)$	776
Cuarzo	987	0.11	$985 \times ((0.20-0.11)/100)$	988
Aire (2.5%)	-			-
<b>TOTAL</b>	<b>2304</b>			<b>2304</b>

**n) DETERMINACIÓN DEL PESO SECO, PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO Y PESO HÚMEDO.**

**Tabla 60:** *Peso Seco, Peso Saturado Superficialmente Seco y Peso Húmedo.*

Material	P. seco (kg/m <sup>3</sup> )	Peso SSS (kg/m <sup>3</sup> )	Peso húmedo (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento Blanco	346	346	346
Agua	193	193	197
Arena	684	689	687
Piedra	1079	1087	1085
Aire (1.5%)	-	-	-
PUC (kg/cm <sup>2</sup> )	2302	2315	2315

**Tabla 61:** *Peso Seco, Peso Saturado Superficialmente Seco y Peso Húmedo.*

Material	P. seco (kg/m <sup>3</sup> )	Peso SSS (kg/m <sup>3</sup> )	Peso húmedo (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento Blanco	346	346	346
Agua	193	193	194
Arena	772	778	776
Cuarzo	985	987	988
Aire (1.5%)	-	-	-
PUC (kg/cm <sup>2</sup> )	2296	2304	2304

**ASENTAMIENTO (NTP.339.035):**

El procedimiento que se siguió fue de acuerdo a la norma NTP.339.035, es el siguiente:

- Se humedeció el molde y se colocó sobre una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda.
- Se Sujetó firmemente en un solo lugar durante el llenado pisando las aletas, teniendo en cuenta que el perímetro estaba limpio.
- Luego, se llenó el molde vaciando el concreto en tres capas, de tal manera que cada capa ocupaba aproximadamente la tercera parte del volumen del molde.
- Cada capa se compractó aplicando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección de la capa. En la última capa se llenó por exceso.
- Se enrasó la superficie del molde rodando la barra compactadora. Después, se retiró el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical y evitando movimientos laterales o torcionales.
- Por último, se midió inmediatamente el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado.

### **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP.339.034):**

El procedimiento que se debe seguir, según la NTP.339.034, es el siguiente:

- i. Como primer paso, se retiró la probeta de la poza de curado y se dejó secar a temperatura ambiente por 24 horas.
- ii. Luego, las probetas fueron llevadas según su clasificación a la máquina de ensayo de compresión.
- iii. Se colocó los bloques de carga (tanto el inferior como el superior) entre la probeta de concreto y se limpió las superficies.
- iv. Se verificó que el indicador de carga esté en cero y se procedió a aplicar una carga sin golpes bruscos, a una velocidad correspondiente en el rango de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s.
- v. La carga se aplicó hasta que comenzó a notar un decrecimiento de manera continua en el indicador de carga.
- vi. Luego se tomó datos de la resistencia máxima indicada en el indicador de carga para cada una de las probetas.
- vii. Por último, se determinó la resistencia a la compresión de cada probeta dividiendo la carga máxima entre el área de sección transversal, como indica la fórmula:

$$f'_c = \frac{P}{(\pi d^2/4)}$$

Donde:

P: carga máxima soportada

d: diámetro de la probeta

### **TRASLUCIDEZ:**

El procedimiento que describe está basado en la tesis de (Cadavid Restrepo, 2013) :

- i. Se elaboró muestras cúbicas de concreto de 10x10x10 cm y se dejó en curado por 7 días.
- ii. Luego se dejó secar durante 24 horas a temperatura ambiente.
- iii. Se elaboró una caja de melamine la cual tuviera una cavidad en la parte superior de la caja donde se colocará la muestra de concreto para que así la luz pase a través de ella y una abertura en la parte inferior de la caja por donde pase el sensor del luxómetro.
- iv. Se colocaron las muestras de concreto sobre la caja y se midió cuantos lux deja pasar cada muestra.

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS

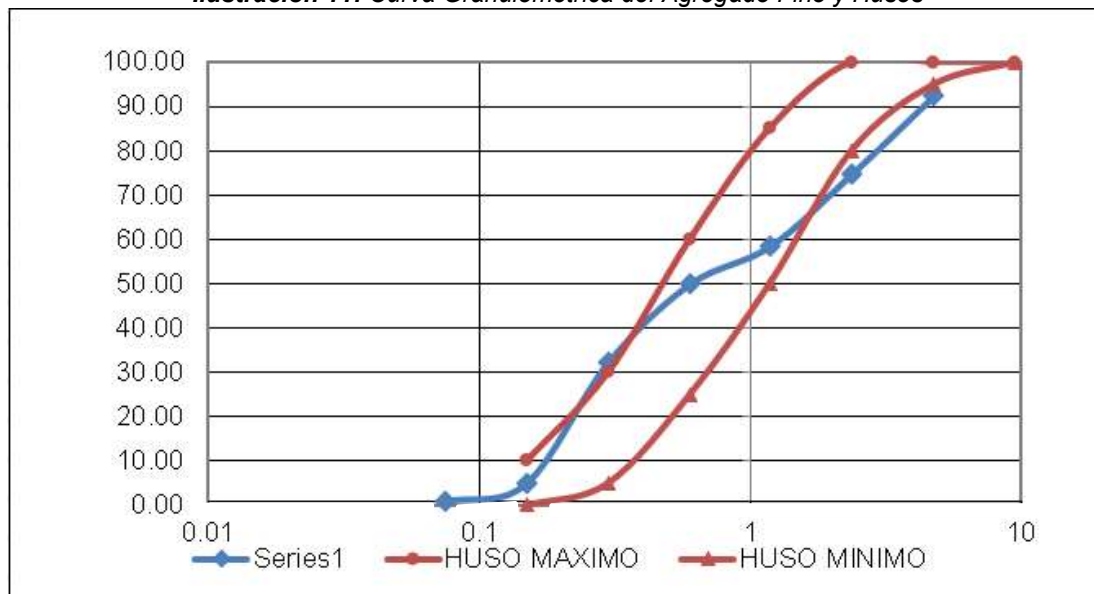
### GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (NTP.400.012):

#### Análisis granulométrico del agregado fino (NTP.400.012):

**Tabla 62:** Análisis Granulométrico del Agregado Fino

Nº de Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Retenido Acumulado (%)	Peso pasante acumulado (%)
4	4.75	47.2	9.44	9.44	90.56
8	2.36	91.1	18.23	27.67	72.33
16	1.19	65.47	13.10	40.77	59.23
30	0.6	39.37	7.88	48.64	51.36
50	0.3	46.13	9.23	57.87	42.13
100	0.15	186.20	37.25	95.13	4.87
200	0.075	20.07	4.01	99.14	0.86
Residuo	bajo #200	4.3	0.86	100.00	0

**Ilustración 11:** Curva Granulométrica del Agregado Fino y Husos

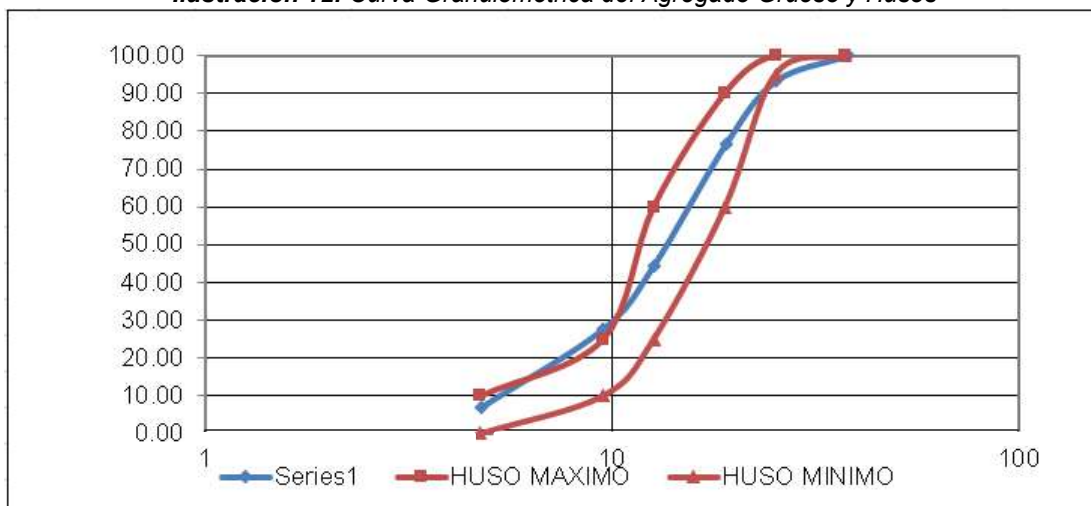




**Tabla 63:** Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

Nº de Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Retenido Acumulado (%)	Peso pasante acumulado (%)
1 ½"	37.5	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	189.7	6.72	6.72	93.28
¾"	19.1	475.7	16.85	23.56	76.44
½"	12.7	907.0	32.12	55.68	44.32
3/8"	9.52	473.7	16.77	72.46	27.54
#4	4.76	586.2	20.76	93.21	6.79
Residuo	bajo #4	191.7	6.79	100.00	0.00

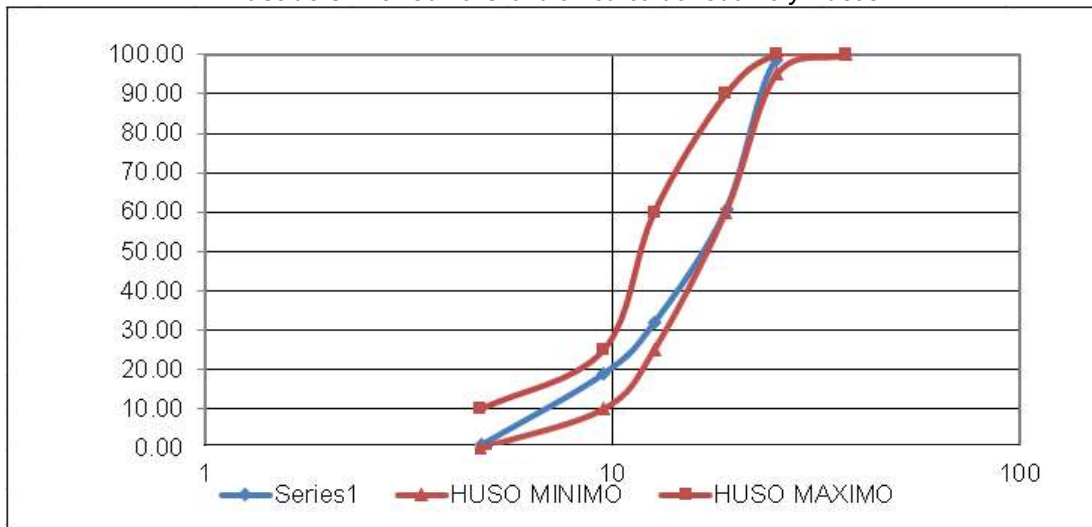
**Ilustración 12:** Curva Granulométrica del Agregado Grueso y Husos



**Tabla 64:** Análisis Granulométrico del Cuarzo

Nº de Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Retenido Acumulado (%)	Peso pasante acumulado (%)
1 1/2	37.5	0.0	0.00	0.00	100.00
1	25.4	38.7	1.29	1.29	98.71
3/4	19.1	1144.3	38.14	39.42	60.58
1/2	12.7	865.0	28.83	68.25	31.75
3/8	9.52	388.0	12.93	81.18	18.82
4	4.76	542.7	18.08	99.27	0.73
Residuo	bajo #4	22.0	0.73	100.00	0.00

**Ilustración 13: Curva Granulométrica del Cuarzo y Husos**



**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP.400.021):**

**Tabla 65: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso**

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
<b>Peso específico</b>	2.56	2.58	2.55
<b>Peso específico sss</b>	2.58	2.59	2.57
<b>Peso específico aparente</b>	2.61	2.62	2.60
<b>Absorción %</b>	0.70	0.56	0.73

**Tabla 66: Peso Específico y Absorción del Cuarzo**

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
<b>Peso específico</b>	2.53	2.54	2.54
<b>Peso específico sss</b>	2.54	2.54	2.54
<b>Peso específico aparente</b>	2.54	2.55	2.55
<b>Absorción %</b>	0.17	0.23	0.17

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP.400.022):**

**Tabla 67: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino**

	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
<b>Peso específico</b>	2.58	2.62	2.66
<b>Peso específico sss</b>	2.61	2.65	2.67
<b>Peso específico aparente</b>	2.64	2.70	2.69
<b>Absorción %</b>	0.9	1.0	0.3

### **CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (NTP.339.185):**

**Contenido de humedad del agregado grueso (NTP.339.185):**

*Tabla 68: Contenido de Humedad del Agregado Grueso*

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso recipiente + muestra al aire (gr)	3334	3051	3328
Peso muestra al aire (gr)	3197	2916	3059
Peso recipiente + muestra seca (gr)	3306	3028	3302
Peso muestra seca (gr)	3169	2893	3033
%humedad	0.88	0.8	0.86
% humedad promedio		0.85	

*Tabla 69: Contenido de Humedad del Cuarzo*

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso recipiente + muestra al aire (gr)	3907	3319	3135
Peso muestra al aire (gr)	3000	3000	3000
Peso recipiente + muestra seca (gr)	3902	3317	3132
Peso muestra seca (gr)	2995	2998	2997
%humedad	0.17	0.07	0.10
% humedad promedio		0.11	

**Contenido de humedad del agregado fino (NTP.339.185):**

*Tabla 70: Contenido de Humedad del Agregado Fino*

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso recipiente + muestra al aire (gr)	768	768	768
Peso muestra al aire (gr)	500	500	500
Peso recipiente + muestra seca (gr)	762.9	763.4	763.1
Peso muestra seca (gr)	494.9	495.4	495.1
%humedad	1.03	0.93	0.99
% humedad promedio		0.98	

**P**

### **ESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (NTP.400.017):**

**Peso unitario seco suelto del agregado grueso (NTP.400.017):**

$$PUSS= 1520 \text{ kg/m}^3$$

**Peso unitario seco compactado del agregado grueso (NTP.400.017):**

$$PUSC= 1610 \text{ kg/m}^3$$

**Peso unitario seco suelto del cuarzo (NTP.400.017):**

$$PUSS = 1410 \text{ kg/m}^3$$

**Peso unitario seco compactado del cuarzo (NTP.400.017):**

$$PUSC = 1470 \text{ kg/m}^3$$

**Peso unitario seco suelto del agregado fino (NTP.400.017):**

$$PUSS = 1810 \text{ kg/m}^3$$

**Peso unitario seco compactado del agregado fino (NTP.400.017):**

$$PUSC = 1870 \text{ kg/m}^3$$

#### **DISEÑO DE MEZCLA (ACI .211):**

**Tabla 71: Peso Seco, Peso Saturado Superficialmente Seco y Peso Húmedo.**

<b>Materiales</b>	<b>P. seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento Blanco</b>	346	346	346
<b>Agua</b>	193	193	197
<b>Arena</b>	684	689	687
<b>Piedra</b>	1079	1087	1085
<b>Aire (1.5%)</b>	-	-	-
<b>PUC (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	2302	2315	2315

**Fuente: Elaboración Propia**

**Tabla 72: Peso Seco, Peso Saturado Superficialmente Seco y Peso Húmedo.**

<b>Materiales</b>	<b>P. seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento Blanco</b>	346	346	346
<b>Agua</b>	193	193	194
<b>Arena</b>	772	778	776
<b>Cuarzo</b>	985	987	988
<b>Aire (1.5%)</b>	-	-	-
<b>PUC (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	2296	2304	2304

**Fuente: Elaboración Propia**

Se calcularon los pesos en kilogramos para una tanda de 20 L, debido a que es el volumen de 9 probetas cilíndricas.

Diseño de mezcla patrón:

**Tabla 73: Diseño de mezcla patrón**

<b>Materiales para concreto patrón</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
<b>Agua</b>	3.544
<b>Cemento blanco</b>	5.371
<b>Arena</b>	14.669
<b>Piedra</b>	23.056
<b>Peso (kg)</b>	46.640

**Fuente: Elaboración Propia**

Diseño de mezcla con 25% de cuarzo:

**Tabla 74: Diseño de mezcla patrón**

<b>Materiales para concreto patrón</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
<b>Agua</b>	3.544
<b>Cemento blanco</b>	5.371
<b>Arena</b>	14.669
<b>Piedra</b>	17.29
<b>Cuarzo</b>	5.76
<b>Peso (kg)</b>	46.640

**Fuente: Elaboración Propia**

Diseño de mezcla con 50% de cuarzo:

**Tabla 75: Diseño de mezcla patrón**

<b>Materiales para concreto patrón</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
<b>Agua</b>	3.544
<b>Cemento blanco</b>	5.371
<b>Arena</b>	14.669
<b>Piedra</b>	11.528
<b>Cuarzo</b>	11.528
<b>Peso (kg)</b>	46.640

**Fuente: Elaboración Propia**

Diseño de mezcla con 100% de cuarzo:

**Tabla 76: Diseño de mezcla patrón**

<b>Materiales para concreto patrón</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
<b>Agua</b>	3.591
<b>Cemento blanco</b>	5.371
<b>Arena</b>	17.055
<b>Piedra</b>	-
<b>Cuarzo</b>	20.897
<b>Peso (kg)</b>	46.914

*Fuente: Elaboración Propia*

**ASENTAMIENTO (NTP.339.035):**

**Tabla 77: Asentamiento**

<b>ASENTAMIENTO</b>		
<b>Hipótesis</b>	<b>cm</b>	<b>Pulgadas</b>
Patrón	5.56	2
25% cuarzo	4.87	2
50% cuarzo	7.24	3
100% cuarzo	9.92	4

*Fuente: Elaboración Propia*

**RESISTENCIA A LA COMPRESION (NTP.339.034):**

**Tabla 78: Resistencia a la compresión**

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)</b>				
	<b>PATRON</b>	<b>25 %CUARZO</b>	<b>50% CUARZO</b>	<b>100% CUARZO</b>
7 DIAS	156.13	173.52	110.90	102.51
	146.32	161.03	122.81	99.99
	160.90	173.89	123.63	108.54
	135.74	153.18	114.51	97.92
	168.93	175.73	144.28	112.35
<b>PROMEDIO</b>	<b>153.60</b>	<b>167.48</b>	<b>123.23</b>	<b>104.26</b>
28 DIAS	227.33	248.29	152.62	203.90
	226.12	214.96	230.33	211.30
	197.76	224.92	167.11	209.12
	228.75	260.72	208.49	196.06
	186.32	265.21	180.46	192.55
<b>PROMEDIO</b>	<b>213.26</b>	<b>242.82</b>	<b>187.80</b>	<b>202.59</b>
56 DIAS	267.27	266.24	210.79	197.62
	302.05	262.72	197.15	233.95
	235.02	266.18	203.08	225.03
	299.52	244.05	227.25	204.74
	232.49	236.38	237.55	213.18
<b>PROMEDIO</b>	<b>267.27</b>	<b>255.11</b>	<b>215.16</b>	<b>214.88</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

**TRANSLUCIDEZ:**

**Tabla 79: Translucidez**

Muestra	Hora	Intensidad Luminosa (lux)				
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Patrón	09:00 am	0.30	0.29	0.32	0.30	0.32
	01:00 pm	1.17	1.03	1.15	0.97	1.06
	05:00 pm	0.18	0.17	0.12	0.18	0.18
Cuarzo 25%	09:00 am	0.32	0.31	0.33	0.30	0.33
	01:00 pm	1.18	1.09	1.18	1.00	1.10
	05:00 pm	0.19	0.18	0.12	0.18	0.19
Cuarzo 50%	09:00 am	0.33	0.31	0.33	0.31	0.33
	01:00 pm	1.21	1.11	1.22	1.03	1.12
	05:00 pm	0.19	0.18	0.13	0.18	0.19
Cuarzo 100%	09:00 am	0.33	0.33	0.34	0.32	0.34
	01:00 pm	1.23	1.13	1.24	1.08	1.15
	05:00 pm	0.19	0.19	0.14	0.19	0.19

**Fuente: Elaboración Propia**

## CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

### Ensayos de los agregados

#### Análisis Granulométrico

En los ensayos de la granulometría del agregado grueso se obtiene una curva que está cerca de los husos máximos y mínimos establecidos en la NTP 400.037.

Para los ensayos de la granulometría del cuarzo, arroja una curva que se encuentra dentro de los husos máximos y mínimos establecidos en la NTP 400.037, lo cual nos permite usarlo como reemplazante de la piedra.

En los ensayos de la granulometría del agregado fino, este arroja una curva que está dentro de los husos máximos y mínimos establecidos en la NTP 400.037, además, estos valores nos muestran un módulo de finura de 2.80, el cual se encuentra dentro de 2.3 y 3.1 del rango establecido por la norma.

#### Peso Específico

Los resultados obtenidos para el agregado grueso en el ensayo de peso específico y absorción son:

- Peso Específico Saturado Superficialmente Seco: 2580 kg/m<sup>3</sup>
- Peso Específico Aparente: 2610 kg/m<sup>3</sup>
- Peso Específico de Masa de 2560 kg/m<sup>3</sup>
- Absorción: 0.70%

Los resultados obtenidos para el cuarzo en el ensayo de peso específico y absorción son:

- Peso Específico Saturado Superficialmente Seco: 2540 kg/m<sup>3</sup>
- Peso Específico Aparente: 2550 kg/m<sup>3</sup>
- Peso Específico de Masa de 2540 kg/m<sup>3</sup>
- Absorción: 0.20%

Los resultados obtenidos para el agregado fino en el ensayo de peso específico y absorción son:

- Peso Específico Saturado Superficialmente Seco: 2640 kg/m<sup>3</sup>
- Peso Específico Aparente: 2680 kg/m<sup>3</sup>
- Peso Específico de Masa de 2620 kg/m<sup>3</sup>
- Absorción: 0.70%



### Contenido de Humedad

Los materiales se guardaron en recipientes sellados para conservar su estado inicial.

Para los ensayos de humedad del agregado grueso y del cuarzo se tomaron muestras de aproximadamente 3000 gr, obteniendo valores promedio de 0.85% y 0.11% para la piedra y el cuarzo respectivamente.

Para los ensayos de humedad del agregado fino se tomaron muestras de aproximadamente 500 gr, obteniendo un valor promedio de 0.98%.

### Peso Unitario

Una vez realizado el ensayo de acuerdo a la norma NTP 400.017, los pesos unitarios obtenidos fueron:

➤ **Agregado grueso:**

Piedra: un valor de 1520 kg/cm<sup>3</sup> para el Peso Unitario Seco Suelto, y de 1610 para el Peso Unitario Seco Compactado.

Cuarzo: un valor de 1410 kg/cm<sup>3</sup> para el Peso Unitario Seco Suelto, y de 1470 para el Peso Unitario Seco Compactado.

➤ **Agregado fino:** un valor de 1810 kg/cm<sup>3</sup> para el Peso Unitario Seco Suelto, y de 1870 para el Peso Unitario Seco Compactado.

### Diseño de mezcla de concreto

El diseño de mezcla obtenido para una tanda de 20 L de acuerdo con el procedimiento establecido en el método de diseño de mezcla del comité ACI-211 es:

**Tabla 80: Diseño de mezcla patrón**

<b>Materiales para concreto patrón</b>	<b>Tanda 20 L (kg)</b>
<b>Agua</b>	3.544
<b>Cemento blanco</b>	5.371
<b>Arena</b>	14.669
<b>Piedra</b>	23.056
<b>Peso (kg)</b>	46.640

Diseño de mezcla con 25% de cuarzo:

***Tabla 81: Diseño de mezcla patrón***

<b>Materiales para concreto patrón</b>	<b>Tanda 40 L (kg)</b>
<b>Agua</b>	3.544
<b>Cemento blanco</b>	5.371
<b>Arena</b>	14.669
<b>Piedra</b>	17.29
<b>Cuarzo</b>	5.76
<b>Peso (kg)</b>	46.640

Diseño de mezcla con 50% de cuarzo:

***Tabla 82: Diseño de mezcla patrón***

<b>Materiales para concreto patrón</b>	<b>Tanda 40 L (kg)</b>
<b>Agua</b>	3.544
<b>Cemento blanco</b>	5.371
<b>Arena</b>	14.669
<b>Piedra</b>	11.528
<b>Cuarzo</b>	11.528
<b>Peso (kg)</b>	46.640

Diseño de mezcla con 100% de cuarzo:

***Tabla 83: Diseño de mezcla patrón***

<b>Materiales para concreto patrón</b>	<b>Tanda 40 L (kg)</b>
<b>Agua</b>	3.591
<b>Cemento blanco</b>	5.371
<b>Arena</b>	17.055
<b>Piedra</b>	-
<b>Cuarzo</b>	20.897
<b>Peso (kg)</b>	46.914

### **Elaboración de muestras de Probetas Cilíndricas**

Estas probetas cilíndricas se elaboran según la NTP 339.034 y se utilizaron para los ensayos de resistencia a la compresión y para las pruebas de translucidez. Las dimensiones de las probetas para la resistencia a la compresión fueron de 10cm x 20cm, siendo cilíndricas; mientras que, para el ensayo de translucidez se realizaron probetas cúbicas de 10cm x 10cm x 10 cm.

El método usado fue colocar la mezcla en capas hacia los moldes y dar 25 golpes con la varilla de acero por cada una de ellas hasta lograr que el concreto fresco se acomode a los espacios dentro del molde. Se obtuvieron 60 probetas cilíndricas y 12 probetas cúbicas, que fueron curados en una piscina en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte hasta realizar posteriormente los ensayos de resistencia a la compresión y translucidez.

### **Ensayo a la Resistencia a la Compresión**

Los resultados se calcularon dividiendo la carga máxima soportadas entre el área de la probeta ensayada. Se registraron los resultados en kg/cm<sup>2</sup>.

Para una edad de curado de 7 días; el concreto Patrón obtiene una resistencia a la compresión promedio de 153.60 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con 25% de cuarzo se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 167.48 Kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con 50% de cuarzo se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 123.23 kg/cm<sup>2</sup> y para el concreto con 100% de cuarzo se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 104.26 kg/cm<sup>2</sup>.

Para una edad de curado de 28 días; el concreto Patrón obtiene una resistencia a la compresión promedio de 213.26 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con 25% de cuarzo se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 242.82 Kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con 50% de cuarzo se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 187.80 kg/cm<sup>2</sup> y para el concreto con 100% de cuarzo se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 202.59 kg/cm<sup>2</sup>.

Para una edad de curado de 56 días; el concreto Patrón obtiene una resistencia a la compresión promedio de 267.27 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con 25% de cuarzo se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 255.11 Kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con 50% de cuarzo se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 215.16 kg/cm<sup>2</sup> y para el concreto con 100% de cuarzo se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 214.88 kg/cm<sup>2</sup>.

Como podemos analizar de los resultados a los 7 y 28 días, las probetas de concreto con 25% de cuarzo tiende a mejorar la resistencia a la compresión; sin embargo, a los 56 días decae la resistencia con respecto al patrón. Asimismo, las resistencias de los concretos con cuarzitos al 50%

y 100% son inferiores al patrón; todo esto se debe a que el cuarzo no presenta porosidad, lo cual reduce su adherencia en la mezcla. De este modo se considera viable diseñar mezclas con reemplazo del cuarzo en 25% para unidades de tabiquería no estructurales, teniendo la seguridad que a edades mayores a los 28 días su decrecimiento de la resistencia a la compresión será mínima y se mantendrá cerca de la resistencia de un concreto normal.

El tipo de fractura que presentaron las probetas de concreto a las edades de 7, 28 y 56 días, según la Norma Técnica Peruana 339.034, fueron del tipo 5 o fractura de corte, es decir, que las probetas presentaron fracturas en el lado de las bases superior e inferior, las cuales ocurren comúnmente por capas de embonado.

### **Ensayo de Translucidez**

Para el ensayo realizado a las 9:00 am; el concreto Patrón obtiene una translucidez promedio de 0.31 lux, para el concreto con 25% de cuarzo se obtuvo una translucidez promedio de 0.32 lux, para el concreto con 50% de cuarzo se obtuvo una translucidez promedio de 0.32 lux y para el concreto con 100% de cuarzo se obtuvo una translucidez promedio de 0.33 lux.

Para el ensayo realizado a la 1:00 pm; el concreto Patrón obtiene una translucidez promedio de 1.08 lux, para el concreto con 25% de cuarzo se obtuvo una translucidez promedio de 1.11 lux, para el concreto con 50% de cuarzo se obtuvo una translucidez promedio de 1.14 lux y para el concreto con 100% de cuarzo se obtuvo una translucidez promedio de 1.17 lux.

Para el ensayo realizado a las 5:00 pm; el concreto Patrón obtiene una translucidez promedio de 0.17 lux, para el concreto con 25% de cuarzo se obtuvo una translucidez promedio de 0.17 lux, para el concreto con 50% de cuarzo se obtuvo una translucidez promedio de 0.17 lux y para el concreto con 100% de cuarzo se obtuvo una translucidez promedio de 0.18 lux.

Como podemos analizar de los resultados, mientras más porcentaje de agregado grueso sea reemplazado por el cuarzo, la translucidez aumenta desde aproximadamente un 3.57% para el 25% de reemplazo, hasta un 8.43% para el 100% de reemplazo. Asimismo, comparando los resultados obtenidos con la tesis de Cadavid Restrepo, presenta una variación mínima, menor del 1%; sin embargo, con respecto al concreto translucido de la empresa LitraCON, los valores son menores, esto se debe a que la empresa emplea otros materiales como las fibras ópticas de vidrio.

### **Análisis Comparativos de Precios Unitarios**

A continuación, presentamos los análisis de costo unitarios, considerando material para un 1m<sup>3</sup> de concreto patrón y concreto con el reemplazo de cuarzo. En los anexos 15, 16, 17 y 18 presentamos en detalle los análisis de costos unitarios. El cual se puede resumir en lo siguiente:

Costo sin IGV por 1m<sup>3</sup> de:

- Concreto Patrón: S/. 346.03
- Concreto Patrón con 25% de cuarzo: S/. 916.17
- Concreto Patrón con 50% de cuarzo: S/.1486.32
- Concreto Patrón con 100% de cuarzo: S/.2410.67

Se puede apreciar que la diferencia que existe en los costos de producción de los concretos con cuarzo es considerable, este aumento se debe al precio del cuarzo por kg, el cual puede reducir al conseguirlo por volúmenes mayores.

## CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

- El uso el cuarzo aumenta la traslucidez del concreto hasta un 8.43 % cuando el agregado grueso es reemplazado en su totalidad, sin embargo, la traslucidez es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión, es decir que mientras más agregado grueso sea reemplazado su resistencia a la compresión se verá reducida.
- Se realizaron los ensayos de caracterización de cuarzo cumpliendo con todos los requisitos indicados en la Norma Técnica Peruana para agregado grueso. El tamaño máximo nominal del cuarzo se consiguió mediante la trituración manual logrando así un tamaño máximo nominal de 1", el mismo tamaño del agregado grueso.
- Se realizó el diseño de mezcal aplicando el procedimiento que indica el comité ACI 211, obteniendo la siguiente dosificación para un volumen de 20 L.
  - Para el Concreto Patrón:  
Cemento Portland: 5.37 kg  
Agua: 3.54 kg  
Agregado Grueso: 23.06 kg  
Agregado Fino: 14.67 kg
  - Para el Concreto con 25% de cuarzo reemplazado:  
Cemento Portland: 5.37 kg  
Agua: 3.54 kg  
Agregado Grueso: 17.29 kg  
Cuarzo: 5.76 Kg  
Agregado Fino: 14.67 kg
  - Para el Concreto con 50% de cuarzo reemplazado:  
Cemento Portland: 5.37 kg  
Agua: 3.54 kg  
Agregado Grueso: 11.53 kg  
Cuarzo: 11.53 Kg  
Agregado Fino: 14.67 kg

- Para el Concreto con 100% de cuarzo reemplazado:
  - Cemento Portland: 5.37 kg
  - Agua: 3.59 kg
  - Cuarzo: 20.90 Kg
  - Agregado Fino: 17.06 kg
- Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión según la NTP 339.034, reemplazando en la mezcla de concreto el agregado grueso por cuarzo en un 25%, 50% y 100% a las edades de 7, 28 y 56 días de curado cada uno.
- Se llevó a cabo el ensayo de traslucidez según la tesis de Cadavid Restrepo (2013) al concreto patrón y al concreto con 25%, 50% y 100% de cuarzo remplazado a las horas de 9:00 am, 1:00 pm y a las 5:00 pm durante 5 días.
- Se concluye que empleando un 25 % de cuarzo como remplazante, influye positivamente tanto en su traslucidez, hasta un 3.57%, como en su resistencia a la compresión, en un 13.86% a la edad de 28 días; sin embargo, si se plantea usar porcentajes mayores al 25 %, la resistencia a la compresión del concreto decae significativamente, debido a que el cuarzo por ser un mineral cristalino presenta una baja porosidad como se determinó en el ensayo de absorción.

## CAPÍTULO 8. RECOMENDACIONES

- Para futuros proyectos de investigación que utilicen el cuarzo en el concreto traslucido se recomienda realizar la comparación con respecto a un concreto convencional diseñado con cemento gris como concreto patrón.
- Se recomienda para próximas investigaciones utilizar un diferente tamaño máximo nominal de cuarzo con el fin de obtener un mejor rendimiento en la resistencia a la compresión y la translucidez, además se recomienda probar otros porcentajes de cuarzo como remplazante.
- Para futuras investigaciones se recomienda evaluar el desempeño del cuarzo en otros ensayos, como por ejemplo permeabilidad y trabajabilidad con el fin de obtener más información sobre las características del concreto traslucido.
- Se recomienda la aplicación del concreto traslucido en muros estructurales los cuales estén ubicados en tragaluces o espacios abiertos que permitan el paso de la luz natural, y a su vez no soporten mucha carga.
- Se recomienda que esta investigación sirva de base para las empresas constructoras dedicadas al rubro de la construcción, a los ingenieros, arquitectos y maestros de obra; con el fin de mejorar el uso del cuarzo, ya que en las minas este material es desechado, de esta manera poder darle un uso y así disminuir el costo del uso del cuarzo.
- Se recomienda para las empresas constructoras que realicen un estudio de inversión de la implementación de una cantera de cuarzo, o de un acuerdo con una empresa minera la cual brinde el material.
- Por último, se recomienda el uso del cuarzo como remplazante al 25 % debido a que este porcentaje que tuvo desempeño más balanceado entre la translucidez y la resistencia a la compresión.



## CAPÍTULO 9. REFERENCIAS

- ASOCONCRETO. (2010). *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO - Tomo 1*. Colombia: Nomos Impresores.
- Barbarán, J. B. (2013). *Materiales no tradicionales, concreto translúcido*. CHILE.
- Bosch, C. M. (2011). *HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON FIBRA ÓPTICA*. VALENCIA.
- Bruce, C. (Marzo de 2018). Crecimiento de sector construcción muestra recuperación sólida y continua. *Gestión*.
- Cadavid Restrepo, L. M. (2013). *CONCRETO TRANSLÚCIDO: ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE LA FABRICACIÓN DE PANELES DE CONCRETO CON FIBRA ÓPTICA Y SUS APLICACIONES EN LA ARQUITECTURA*. BRASILIA.
- Hoyos, A., Tobón, J., & Farbiarz, Y. (s.f.). AVANCES EN EL DESARROLLO DE LOS CONCRETOS TRANSLÚCIDOS. *Revista Colombiana de Materiales N. 5*, 81-86.
- INACAL. (2011). *Norma Técnica Peruana 400.017. AGREGADOS Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. Lima.
- INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 339.185. AGREGADOS Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima.
- INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.012. AGREGADOS Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima.
- INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.021. AGREGADOS Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima.
- INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.022. AGREGADOS Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima.
- INACAL. (2014). *Norma Técnica Peruana 400.037. AGREGADOS Especificaciones Normalizadas para agregados en concreto*. Lima.

- INACAL. (2016). *Norma Técnica Peruana 339.034. CONCRETO Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. Lima.
- MAMLOUK, M., & ZANIEWSKI, J. (2009). *Materiales para ingeniería civil*. España: PEARSON EDUCACIÓN.
- Merritt, F. S., Loftin, M. K., & Ricketts, J. T. (2008). *MANUAL DEL INGENIERO CIVIL*. MEXICO: PROGAMAS EDUCATIVOS S.A.
- Monroe, J. S., Wicander, R., & Pozo, M. (2008). *GEOLOGIA. DINAMICA Y EVOLUCION DE LA TIERRA* (4ª ed.). España: Rústica.
- Montilla, A. A. (2012). *CONCRETO TRANSLÚCIDO, TRANSMISIÓN DE LUZ VISIBLE A TRAVÉS DE MORTEROS CON FLUORITA COMO AGREGADO FINO*. Medellín.
- NORMA E060, N. (2009). *CONCRETO ARMADO*.
- Pastorelli, G. (2009). Concreto Translúcido desarrollado en México. Obtenido de <https://www.archdaily.pe/pe/02-13920/concreto-translucido-desarrollado-en-mexico>
- Rivera Mantilla, H. (2005). *Geología General* (2ª ed.). Lima.
- SENCICO. (2014). *MANUAL DE PREPARACIÓN, COLOCACIÓN Y CUIDADOS DEL CONCRETO*. Lima: CARTOLANEDITORES SRL.
- Sosa Gutiérrez, J., & Galván Cáceres, S. O. (s.f.). Concreto translúcido, invento 100% mexicano. *Noticias de Arquitectura*.
- Strahler, A. N. (1992). *Geología Física*. Barcelona: Omega.

# ANEXOS

### ANEXO N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Cuál es la influencia del cuarzo como material de reemplazo del agregado grueso en las propiedades mecánicas de un concreto $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?	<p><b>O. General:</b> Determinar la influencia del cuarzo como material de reemplazo del agregado grueso en las propiedades mecánicas de un concreto <math>F_c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>.</p> <p><b>O. Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Caracterizar el cuarzo con el fin de obtener un tamaño nominal de 1/2"</li> <li>Determinar el diseño de mezcla para la elaboración de probetas de concreto con una resistencia a la compresión de <math>210 \text{ kg/cm}^2</math>.</li> <li>Evaluar el desempeño de las mezclas con cuarzo respecto a la probeta patrón evaluando a las edades de 7,28 y 56 días.</li> <li>Verificar la translucidez del concreto con cuarzo.</li> <li>Concluir si el uso del mano como material de reemplazo del agregado grueso favorece o no a la mezcla de concreto.</li> </ul>	<p>(Restrepo, 2013), en su tesis titulada "CONCRETO TRANSLUCIDO ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE LA FABRICACIÓN DE PANELES DE CONCRETO CON FIBRA ÓPTICA Y SUS APLICACIONES EN LA ARQUITECTURA"</p> <p>(Bosch, 2011), en su tesis titulada "HORMIGON TRANSLUCIDO CON FIBRA OPTICA"</p> <p>(Montilla, 2012), en su tesis titulada "CONCRETO TRANSLUCIDO TRANSMISION DE LUZ VISIBLE A TRAVES DE MORTEROS CON FLUORITA COMO AGREGADO FINO"</p>	<p><b>H. General:</b> La aplicación del cuarzo como reemplazante del agregado grueso mejorará las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Trujillo 2018.</p> <p><b>H. Específicos:</b> La aplicación del cuarzo como material de reemplazo del agregado grueso en un 25% mejorará las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Trujillo 2018.</p> <p>La aplicación del cuarzo como material de reemplazo del agregado grueso en un 50%, mejorará las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Trujillo 2018.</p> <p>La aplicación del cuarzo como material de reemplazo del agregado grueso en un 100%, mejorará las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Trujillo 2018.</p>	<p><b>V. Dependiente:</b> Cuarzo, a partir de esta variable se obtendrán las mejoras para las propiedades mecánicas del concreto.</p> <p><b>V. Independiente:</b> Resistencia a la compresión y traslucidez, su variación dependerá del porcentaje de adición de cuarzo.</p>	<p><b>Diseño de investigación:</b> Experimental Puro puesto que se puede controlar y limitar la cantidad de cuarzo que se utiliza.</p> <p><b>Unidad de estudio:</b> Probeta de concreto normalizado con un diámetro de 4 pulgadas y una longitud de 8 pulgadas.</p> <p><b>Población:</b> 48 probetas, de las cuales 36 serán evaluadas en resistencia a la compresión y 12 para translucidez.</p> <p><b>Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos:</b> Se utilizará la técnica de observación. El instrumento que se utilizará será la guía de observación, puesto que permitirá una mayor descripción del comportamiento de nuestra unidad de estudio.</p>

ANEXO N°2: CERTIFICADO UPN DE ENSAYOS DE LABORATORIO



**CERTIFICADO**  
**DE ENSAYOS EN LABORATORIOS**

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que los Sres. Frank Louis Bardales Zegarra y Bagner Anderson Neyra Aguilar, identificados con D.N.I N° 71464238 y 72550148 respectivamente, han realizado los ensayos de granulometría, peso unitario suelto y compactado, contenido de humedad, peso específico, absorción, conformación, curado y compresión de especímenes de concreto, asentamiento y translucidez, en las instalaciones del **Laboratorio de Concreto** de esta universidad, requeridos para la tesis ***"Influencia del cuarzo reemplazante del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto, Trujillo 2018"***; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud de los interesados, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 05 de noviembre del 2018

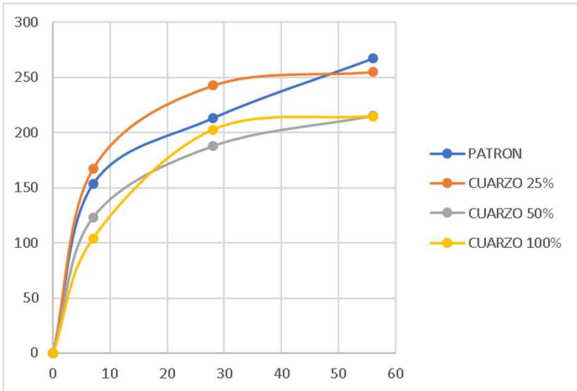



Wesley J. Leonardo Carrasco  
Supervisor de Laboratorio

**ANEXO N°3: GUÍA DE OBSERVACIÓN 1**

<b>Guía de observación de la resistencia a la compresión de probetas de concreto normalizadas a los 7, 28 y 56 días, Trujillo, 2018.</b>	
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>	
<b>TESISTAS:</b>	Frank Louis Bardales Zegarra  Bagner Anderson Neyra Aguilar
<b>UBICACIÓN:</b>	Trujillo – La Libertad
<b>FECHA DE OBSERVACIÓN:</b>	20/08/2018 - 10/09/2018 - 08/10/2018
<b>HORA DE OBSERVACIÓN:</b>	8:00 A.M.
<b>INFORMACIÓN ESPECÍFICA</b>	
<b>Hipótesis trabajada</b>	<b>EVIDENCIA</b>
a) Concreto patrón b) Concreto con 25% cuarzo c) Concreto con 50% cuarzo d) Concreto con 100% cuarzo	
<b>Resistencia a la compresión (kg/cm²)</b>  a) 7 días = <u>153.60</u> b) 28 días = <u>213.26</u> c) 56 días = <u>267.27</u>	

**ANEXO N°4: GUÍA DE OBSERVACIÓN 2**

<b>Guía de observación de la resistencia a la compresión de probetas de concreto normalizadas a los 7, 28 y 56 días, Trujillo, 2018.</b>	
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>	
<b>TESISTAS:</b>	Frank Louis Bardales Zegarra  Bagner Anderson Neyra Aguilar
<b>UBICACIÓN:</b>	Trujillo – La Libertad
<b>FECHA DE OBSERVACIÓN:</b>	20/08/2018 - 10/09/2018 - 08/10/2018
<b>HORA DE OBSERVACIÓN:</b>	8:00 A.M.
<b>INFORMACIÓN ESPECÍFICA</b>	
<b>Hipótesis trabajada</b>	<b>EVIDENCIA</b>
a) Concreto patrón <b>b) Concreto con 25% cuarzo</b> c) Concreto con 50% cuarzo d) Concreto con 100% cuarzo	
<b>Resistencia a la compresión (kg/cm²)</b>  a) 7 días = <u>167.48</u> b) 28 días = <u>242.82</u> c) 56 días = <u>255.11</u>	

**ANEXO N°5: GUÍA DE OBSERVACIÓN 3**

<b>Guía de observación de la resistencia a la compresión de probetas de concreto normalizadas a los 7, 28 y 56 días, Trujillo, 2018.</b>	
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>	
<b>TESISTAS:</b>	Frank Louis Bardales Zegarra  Bagner Anderson Neyra Aguilar
<b>UBICACIÓN:</b>	Trujillo – La Libertad
<b>FECHA DE OBSERVACIÓN:</b>	21/08/2018 - 11/09/2018 - 09/10/2018
<b>HORA DE OBSERVACIÓN:</b>	8:00 A.M.
<b>INFORMACIÓN ESPECÍFICA</b>	
<b>Hipótesis trabajada</b>	<b>EVIDENCIA</b>
a) Concreto patrón b) Concreto con 25% cuarzo <b>c) Concreto con 50% cuarzo</b> d) Concreto con 100% cuarzo	
<b>Resistencia a la compresión (kg/cm²)</b>  a) 7 días = <u>123.23</u> b) 28 días = <u>187.80</u> c) 56 días = <u>215.16</u>	



**ANEXO N°6: GUÍA DE OBSERVACIÓN 4**

**Guía de observación de la resistencia a la compresión de probetas de concreto normalizadas a los 7, 28 y 56 días, Trujillo, 2018.**

**INFORMACIÓN GENERAL**

TESISTAS:

Frank Louis Bardales Zegarra

Bagner Anderson Neyra Aguilar

UBICACIÓN:

Trujillo – La Libertad

FECHA DE OBSERVACIÓN:

21/08/2018 - 11/09/2018 - 09/10/2018

HORA DE OBSERVACIÓN:

8:00 A.M.

**INFORMACIÓN ESPECÍFICA**

**Hipótesis trabajada**

- a) Concreto patrón
- b) Concreto con 25% cuarzo
- c) Concreto con 50% cuarzo
- d) Concreto con 100% cuarzo

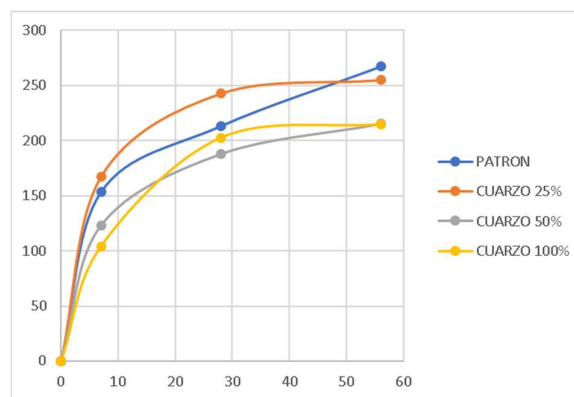
**Resistencia a la compresión  
(kg/cm<sup>2</sup>)**

a) 7 días = 104.26

b) 28 días = 202.59

c) 56 días = 214.88

**EVIDENCIA**



**ANEXO N°7: GUÍA DE OBSERVACIÓN 5**

<b>Guía de observación para traslucidez con 7 días de curado, Trujillo, 2018.</b>	
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>	
TESISTAS:	Frank Louis Bardales Zegarra  Bagner Anderson Neyra Aguilar
UBICACIÓN:	Trujillo – La Libertad
FECHA DE OBSERVACIÓN:	20/08/2018 - 21/08/2018 - 22/08/2018 - 23/08/2018 - 24/08/2018
<b>INFORMACIÓN ESPECÍFICA</b>	
<b>Hipótesis trabajada</b>	<b>EVIDENCIA</b>
<b>a) Concreto patrón</b> b) Concreto con 25% cuarzo c) Concreto con 50% cuarzo d) Concreto con 100% cuarzo	
<b>Traslucidez (Lux)</b> a) 9:00 am = <u>0.31</u> b) 1:00 pm = <u>1.08</u> c) 5:00 pm = <u>0.17</u>	

**ANEXO N°8: GUÍA DE OBSERVACIÓN 6**

<p><b>Guía de observación para traslucidez con 7 días de curado, Trujillo, 2018.</b></p>	
<p><b>INFORMACIÓN GENERAL</b></p>	
<p>TESISTAS:</p>	<p>Frank Louis Bardales Zegarra</p> <p>Bagner Anderson Neyra Aguilar</p>
<p>UBICACIÓN:</p>	<p>Trujillo – La Libertad</p>
<p>FECHA DE OBSERVACIÓN:</p>	<p>20/08/2018 - 21/08/2018 - 22/08/2018 - 23/08/2018 - 24/08/2018</p>
<p><b>INFORMACIÓN ESPECÍFICA</b></p>	
<p><b>Hipótesis trabajada</b></p>	<p><b>EVIDENCIA</b></p>
<p>a) Concreto patrón</p> <p><b>b) Concreto con 25% cuarzo</b></p> <p>c) Concreto con 50% cuarzo</p> <p>d) Concreto con 100% cuarzo</p>	
<p><b>Traslucidez (Lux)</b></p> <p>a) 9:00 am = <u>0.32</u></p> <p>b) 1:00 pm = <u>1.11</u></p> <p>c) 5:00 pm = <u>0.17</u></p>	

**ANEXO N°9: GUÍA DE OBSERVACIÓN 7**

<b>Guía de observación para traslucidez con 7 días de curado, Trujillo, 2018.</b>	
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>	
<b>TESISTAS:</b>	Frank Louis Bardales Zegarra  Bagner Anderson Neyra Aguilar
<b>UBICACIÓN:</b>	Trujillo – La Libertad
<b>FECHA DE OBSERVACIÓN:</b>	20/08/2018 - 21/08/2018 - 22/08/2018 - 23/08/2018 - 24/08/2018
<b>INFORMACIÓN ESPECÍFICA</b>	
<b>Hipótesis trabajada</b>	<b>EVIDENCIA</b>
a) Concreto patrón b) Concreto con 25% cuarzo <b>c) Concreto con 50% cuarzo</b> d) Concreto con 100% cuarzo	
<b>Traslucidez (Lux)</b>  a) 9:00 am = <u>0.32</u>  b) 1:00 pm = <u>1.14</u>  c) 5:00 pm = <u>0.17</u>	

**ANEXO N°10: GUÍA DE OBSERVACIÓN 8**

<b>Guía de observación para traslucidez con 7 días de curado, Trujillo, 2018.</b>	
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>	
<b>TESISTAS:</b>	Frank Louis Bardales Zegarra  Bagner Anderson Neyra Aguilar
<b>UBICACIÓN:</b>	Trujillo – La Libertad
<b>FECHA DE OBSERVACIÓN:</b>	20/08/2018 - 21/08/2018 - 22/08/2018 - 23/08/2018 - 24/08/2018
<b>INFORMACIÓN ESPECÍFICA</b>	
<b>Hipótesis trabajada</b>	<b>EVIDENCIA</b>
a) Concreto patrón b) Concreto con 25% cuarzo c) Concreto con 50% cuarzo <b>d) Concreto con 100% cuarzo</b>	
<b>Traslucidez (Lux)</b>  a) 9:00 am = <u>0.33</u>  b) 1:00 pm = <u>1.17</u>  c) 5:00 pm = <u>0.18</u>	

## ANEXO N°11: FICHA TÉCNICA CEMENTO BLANCO

### Especificaciones técnicas

PARÁMETROS QUÍMICOS	ASTM C1157M-10 Type GU	Especificaciones
Óxido de Magnesio – MgO, máximo (%)	-	6.00
Trióxido de azufre – SO <sub>3</sub> , máximo (%)	-	3.50
PARÁMETROS FÍSICOS		
Blaine, mínimo (gr/cm <sup>2</sup> )		2800
Fraguado inicial <sup>(1)</sup> , mínimo (minutos)	45	90
Fraguado final <sup>(1)</sup> , máximo (minutos)	420	320
Expansión autoclave, máximo (%)	0.8	0.8
Expansión en agua <sup>(2)</sup> , máximo (%)	0.02	0.02
Resistencia a 1 días, Mpa(psi) mínimo	-	-
Resistencia a 3 días <sup>(3)</sup> , Mpa(psi) mínimo	13.0 (1890)	13.0 (1890)
Resistencia a 7 días <sup>(3)</sup> , Mpa(psi) mínimo	20.0 (2900)	20.0 (2900)
Resistencia a 28 días <sup>(3)</sup> , Mpa(psi) mínimo	28.0 (4060)	28.0 (4060)
Parámetros de color <sup>(4)</sup>		
L*, mínimo (%)	-	90.00
a*, mínimo (%)	-	-1.50
b*, máximo (%)	-	5.90

(1) Ensayo con aguja de Vicat según NTC 118 (ASTM C191)

(2) Ensayo en barras de mortero a 14 días según NTC 4927 (ASTM 1038)

(3) Ensayo a compresión sobre cubos de mortero con arena normalizada según NTC 220 (ASTM C109)

(4) Ensayo según el sistema CIELAB

**ANEXO N°12: NORMA TÉCNICA PERUANA 339.034 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.034  
2015**

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la  
determinación de la resistencia a la compresión del concreto  
en muestras cilíndricas**

Concrete Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 39/C 39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2015-12-22  
4ª Edición**

RN°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31

Precio basado en 19 páginas

I.C.S.: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Hormigón, concreto, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas



**ANEXO N°13: NORMA TÉCNICA PERUANA 339.035 ASENTAMIENTO**

**NORMA TÉCNICA** **NTP 339.035**  
**PERUANA** **2009**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la  
medición del asentamiento del concreto de cemento  
Portland**

CONCRETE. Standard test method for measure slump of Portland cement concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2009-12-23  
3ª Edición

R.034-2009/INDECOPI-CNB. Publicada el 2010-02-20

Precio basado en 09 páginas

I.C.S.: 91.100.10

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Concreto, cono, consistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad



#### ANEXO N°14: ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DEL CONCRETO PATRÓN

TESIS: "INFLUENCIA DEL CUARZO REEMPLAZANTE DEL AGREGADO GRUESO  
EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO 2018"

TESISTAS: BARDALES ZEGARRA FRANK LOUIS  
NEYRA AGUILAR BAGNER ANDERSON

PARTIDA: CONCRETO  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$

UNIDAD: M3

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
ARENA GRUESA	m3	0.280	25.00	7.00
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3	0.716	35.00	25.06
CEMENTO BLANCO	bol	14	22.30	312.20
AGUA	m3	0.177	10.00	1.77
TOTAL				346.03

#### ANEXO N°15: ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DEL CONCRETO CON 25% DE CUARZO

TESIS: "INFLUENCIA DEL CUARZO REEMPLAZANTE DEL AGREGADO GRUESO  
EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO 2018"

TESISTAS: BARDALES ZEGARRA FRANK LOUIS  
NEYRA AGUILAR BAGNER ANDERSON

PARTIDA: CONCRETO  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$

UNIDAD: M3

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
ARENA GRUESA	m3	0.280	25.00	7.00
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3	0.537	35.00	18.80
CUARZO	kg	288.204	2.00	576.41
CEMENTO BLANCO	bol	14	22.30	312.20
AGUA	m3	0.177	10.00	1.77
TOTAL				916.17

**ANEXO N°16: ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DEL CONCRETO CON 50% DE CUARZO**

TESIS: "INFLUENCIA DEL CUARZO REEMPLAZANTE DEL AGREGADO GRUESO  
EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO 2018"

TESISTAS: BARDALES ZEGARRA FRANK LOUIS  
NEYRA AGUILAR BAGNER ANDERSON

PARTIDA: CONCRETO  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$   
UNIDAD: M3

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
ARENA GRUESA	m3	0.280	25.00	7.00
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3	0.358	35.00	12.53
CUARZO	kg	576.408	2.00	1152.82
CEMENTO BLANCO	bol	14	22.30	312.20
AGUA	m3	0.177	10.00	1.77
TOTAL				1486.32

**ANEXO N°17: ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DEL CONCRETO CON 100% DE CUARZO**

TESIS: "INFLUENCIA DEL CUARZO REEMPLAZANTE DEL AGREGADO GRUESO  
EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO 2018"

TESISTAS: BARDALES ZEGARRA FRANK LOUIS  
NEYRA AGUILAR BAGNER ANDERSON

PARTIDA: CONCRETO  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$   
UNIDAD: M3

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
ARENA GRUESA	m3	0.280	25.00	7.00
CUARZO	kg	1044.848	2.00	2089.70
CEMENTO BLANCO	bol	14	22.30	312.20
AGUA	m3	0.177	10.00	1.77
TOTAL				2410.67

**ANEXO N°18: PANEL FOTOGRÁFICO**

*Ilustración 14: Cuarzo sin triturar*



*Ilustración 15: Proceso de trituración del cuarzo*



***Ilustración 16: Cuarzo triturado***



***Ilustración 17: Instalaciones del laboratorio de la Universidad Privada del Norte***





***Ilustración 18: Cuarteo del agregado grueso***



***Ilustración 19: Cuarteo del agregado fino***



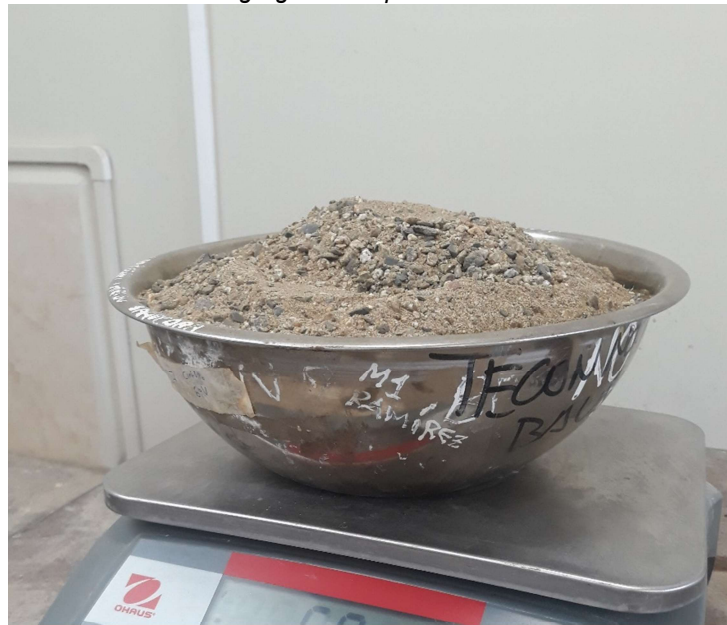
**Ilustración 20:** Agregado grueso para contenido de humedad



**Ilustración 21:** Muestra en el horno del agregado grueso para contenido de humedad



**Ilustración 22:** Agregado fino para contenido de humedad



**Ilustración 23:** Muestra en el horno del agregado fino para contenido de humedad



***Ilustración 24: Peso sumergido del agregado grueso***



***Ilustración 25: Secado superficial del agregado grueso***





**Ilustración 26:** *Peso saturado en superficie seca del agregado grueso*



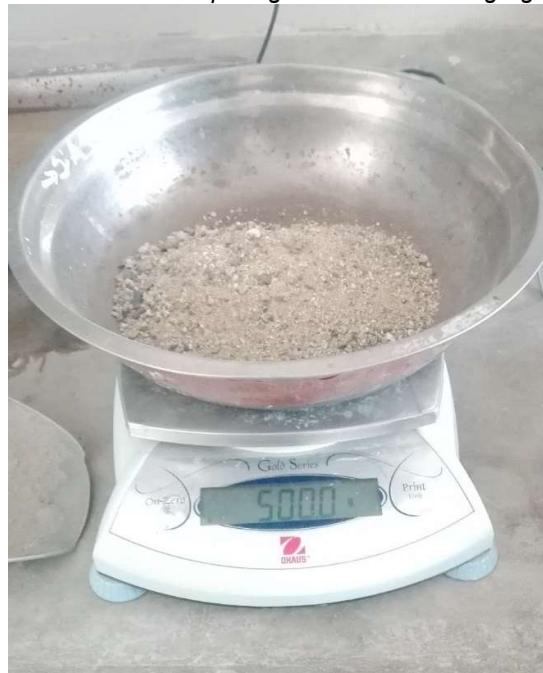
**Ilustración 27:** *Muestra para granulometría del agregado grueso*



***Ilustración 28: Tamizado del agregado grueso***



***Ilustración 29: Muestra para granulometría del agregado fino***



***Ilustración 30: Tamizado del agregado fino***



***Ilustración 31: Peso suelto del agregado grueso***



***Ilustración 32: Peso compactado del agregado grueso***



***Ilustración 33: Peso suelto del agregado fino***





***Ilustración 34: Peso compactado del agregado fino***



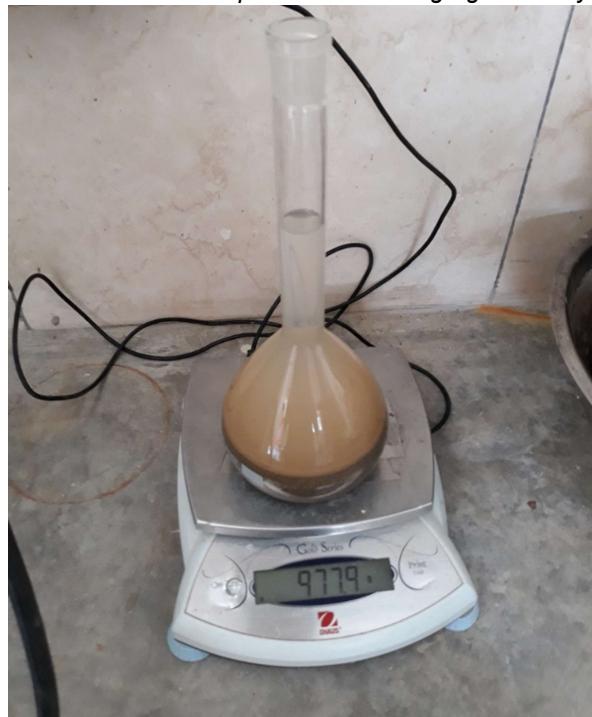
***Ilustración 35: Secado superficial del agregado fino***



***Ilustración 36: Pisonado del agregado fino***



***Ilustración 37: Peso del picnómetro con agregado fino y agua***



**Ilustración 38:** *Peso cuarzo para contenido de humedad*



**Ilustración 39:** *Muestra de cuarzo para granulometría*



**Ilustración 40:** Tamizado del cuarzo



**Ilustración 41:** Peso suelto del cuarzo





***Ilustración 42: Peso compactado del cuarzo***



***Ilustración 43: Secado superficial del cuarzo***



**Ilustración 44:** *Peso saturado en superficie seca del cuarzo*



**Ilustración 45:** *Mezclado del concreto patrón*



**Ilustración 46:** Ensayo de cono de Abrams



**Ilustración 47:** Ensayo de asentamiento del concreto patrón





**Ilustración 48:** Mezclado del concreto con 100% de cuarzo



**Ilustración 49:** Ensayo del cono de Abrams



***Ilustración 50: Ensayo de asentamiento del concreto con 100% de cuarzo***



***Ilustración 51: Probetas de concreto***



**Ilustración 52:** *Probetas de concreto*



**Ilustración 53:** *Probetas cilíndricas de concreto*





**Ilustración 54:** Curado de probetas cilíndricas de concreto



**Ilustración 55:** Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón



**Ilustración 56:** Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con 25% de cuarzo



**Ilustración 57:** Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con 50% de cuarzo





**Ilustración 58:** Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con 100% de cuarzo



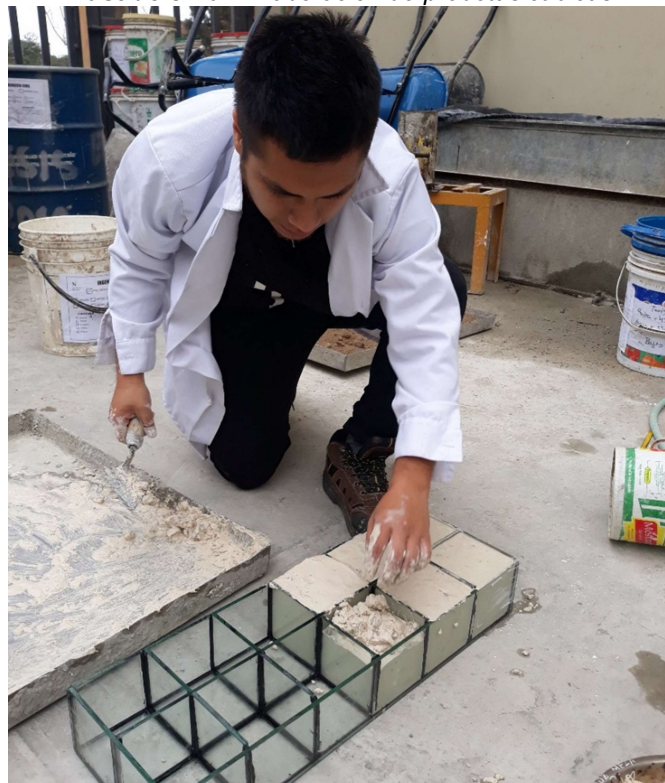
**Ilustración 59:** Probetas de concreto ensayadas a compresión



**Ilustración 60:** Molde de probetas cúbicas



**Ilustración 61:** Elaboración de probetas cúbicas



**Ilustración 62:** *Elaboración de caja para ensayo de traslucidez*



**Ilustración 63:** *Ensayo de traslucidez de probetas cúbicas de concreto*





**Ilustración 64:** Ensayo de traslucidez de probetas cúbicas de concreto



**Ilustración 65:** Ensayo de traslucidez de probetas cúbicas de concreto

